

٦
كتاب

رقم ٦
الكتاب طبعة وليام

الجزء الثاني

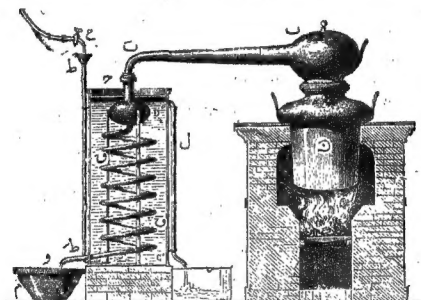
من كتاب الطبيعة المشتمل على الحرارة

(وهو يحتوي على ٥٥ شكلا)

تأليف

حضرة اسماعيل أفندي حسنين

مدرس الكيمياء والطبيعة بمدرسة المهندسخانة الخديوية



قررت نظارة المعارف العمومية لزوم طبع هذا الجزء وتدرسه بالمدارس الاميرية بعد أن
تصدق عليه من اللجنة المشكلة في النظارة بإفادة تاريخها ٢٤ يناير سنة ١٢٩٢ قمرية ٩

(حقوق الطبع محفوظة لنظارة المعارف العمومية)

(الطبعة الثانية)

الكبرى الاميرية بيولاقي مصر المحمية

١٨٦٥

أفرنجيه

فهرست

الجزء الثانى

من كتاب الطبيعة المشتمل على الحرارة

(الكلام على الحرارة)

- ٣ الباب الاول - فى تغير امتدادات الاجسام بالحرارة
- ٣ الفصل الاول - فى التمدد على العموم والترمومترات
- ٣ فى تعدد الاجسام بالحرارة
- ٦ فى تعريف الترمومترات
- ٦ فى الوحدة المستعملة لقياس درجة الحرارة
- ٧ فى الترمومترات ذات السوائل
- ٧ فى صناعة الترمومتر الزئبقى
- ٨ فى تدريج الترمومتر اللئبى
- ٩ فى تغيير موضع النقطتين الثابتتين
- ١٠ فى ترمومتر ديومور
- ١٠ فى ترمومتر فرانك
- ١١ فى الترمومتر الكوكلى
- ١١ فى ترمومترات النهاية العظمى والنهاية الصغرى
- ١٣ ترمومتر سكس
- ١٣ تنبيهات على انتخاب المادة الترمومترية
- ١٥ الفصل الثانى - فى تمدد الاجسام الصلبة
- ١٥ فى عامل التمدد الطولى وعامل التمدد الحجمى
- ١٥ فى استعمالات عامل التمدد
- ١٧ طريقة تعيين عامل تمدد الاجسام الصلبة
- ١٧ فى بيان الارتباط الواقع بين عامل التمدد الطولى وعامل التمدد الحجمى
- ١٨ فى قياس عامل التمدد الطولى للاجسام الصلبة بطريقة لافوازييه ولاپلاس
- ١٩ فى تطبيقات تمدد الاجسام الصلبة
- ٢٠ الفصل الثالث - فى تمدد السوائل
- ٢٠ فى التمدد الظاهرى والتمدد الحقيقى

تابع (فهرست الجزء الثاني من كتاب الطبيعة المشتغل على الحرارة)

صحيفة

- ٢١ في تعيين عامل التمدد الحقيقي للزئبق بطريقة دولونج وبتي
- ٢١ في تعيين عامل التمدد الحقيقي للسوائل الأخر
- ٢٢ في النهاية العظمى لكثافة الماء
- ٢٣ الفصل الرابع - في تمدد الغازات
- ٢٣ عامل تمدد الغازات وهي تحت ضغط ثابت وقانون غايولساك
- ٢٣ في المسائل الخاصة بتمدد الغازات
- ٢٤ الفصل الخامس - في كثافة الغازات
- ٢٤ تعريف كثافة الغازات
- ٢٥ في أساس الطريقة التي وضعها (رونبولت) لتعيين كثافة الغازات
- ٢٥ في تعيين ثقل المترن الهواء
- ٢٥ مسألة
- ٢٧ الباب الثاني - في تغيير حالة الأجسام
- ٢٧ في تغيير حالة الأجسام بتأثير الحرارة
- ٢٧ الفصل الأول - في السيجان والتجمد
- ٢٧ في السيجان
- ٢٨ في الحرارة الكامنة للصهر
- ٢٨ التجمد
- ٢٩ ظاهرة فوق الصهر
- ٢٩ في تغير الحجم الذي يعصب الصهر أو التجمد
- ٣٠ في ذوبان الأجسام الصلبة في السائلة والمخاليط المبردة
- ٣١ في التذبع وفوق التذبع
- ٣١ الفصل الثاني - في التبخير والابخر الممتصة والغير ممتصة
- ٣١ تكوين الابخر في الفراغ
- ٣٢ الابخر الممتصة والنهاية العظمى لقوتها المبردة والابخر الغير ممتصة

تابع (فهرست الجزء الثانى من كتاب الطبيعة المشتمل على الحرارة)

صحيفة

٢٣ الطريقة التى وضعها دالتون لتعيين النهاية العظمى لقوة مرونة بخار الماء بين الصفر ودرجة مائة

٣٤ مقادير النهاية العظمى لقوة مرونة بخار الماء فى بعض درجات الحرارة

٣٦ الفصل الثالث - فى التبخير والغليان

٣٦ الفرق بين التبخير والغليان

٣٦ التبخير

٣٦ البرودة التى تنتج عن التبخير

٣٧ تجربة ليسلى

٣٧ فى الغليان

٣٨ فى قانونى الغليان

٣٨ درجات غليان بعض السوائل

٣٩ فى غليان الماء فى درجة أقل من مائة تحت ضغط أقل من ٧٦٠ ملليمتر

٤٠ حيلة بابين

٤١ فى بيان تأثير الفقاعات الغازية التى توجد فى سائل على حصول غليانه

٤١ فى تأثير المواد الذائبة فى سائل على درجة غليانه

٤٢ حلة تكوّن السائلات

٤٢ الفصل الرابع - فى سيولة الابخره والغازات

٤٢ فى تكاثف الابخره والتقطير

٤٤ فى سيولة الغازات

٤٥ الباب الثالث - فى الايجرومترية

٤٥ الفصل الاول - فى درجة رطوبة الهواء أى حالته الايجرومترية

٤٥ تعريف الحالة الايجرومترية

٤٦ فى ايجرومتر دانييل

٤٦ فى الايجرومتر ذى الشعرة

٤٧ فى تدريج الايجرومتر ذى الشعرة

تابع (فهرست الجزء الثانى من كتاب الطبعة المشتعلة على الحرارة)

صحيفة

- ٤٨ مسئلة
٤٩ الفصل الثانى - فى الظواهر المائية التى تحصل فى الجو
٤٩ فى تكون الندى
٥٠ فى الثلج الأبيض
٥٠ فى الضباب والسحاب
٥٠ فى المطر والثلج والبرد
٥٢ الباب الرابع - فى آلات البخارية
٥٢ فى بيان أنه يمكن استعمال البخار لتوليد الحركة
٥٢ الفصل الأول - فى وصف الآلات البخارية
٥٢ فى تعريف الآلات البخارية
٥٢ فى نظرية آلة وات
٥٣ فى استعمال المكثف
٥٤ فى استعمال الانتشار
٥٥ فى كيفية تفريق البخار والدرج
٥٥ فى الآلات ذات الضغط المنخفض والآلات ذات الضغط المتوسط والآلات ذات الضغط المرتفع
٥٦ فى المنظمذى القوة المركزية الطاردة
٥٦ فى الطلبات المستعملة فى آلة وات
٥٧ فى حوكمة الدرج والاكتريك
٥٨ فى أنواع الآلات البخارية
٦٠ الفصل الثانى - فى القزانات المستعملة فى الآلات البخارية
٦١ فى الاجهزة المعدة لبيان سطح الماء داخل القزان
٦١ فى صمام الأمن والممانوعات
٦٢ فى القزانات الانبوسية
٦٢ الحصان البخارى

تابع (فهrest الجزء الثانى من كتاب الطبيعة المشتمل على الحرارة)

صيفة

- ٦٣ الباب الخامس - فى الحرارة النوعية والحرارة الكامنة
٦٣ الفصل الاول - فى الحرارة النوعية
٦٣ تعريف الحرارة النوعية
٦٤ فى تعيين الحرارة النوعية للاجسام بطريقتى الخلط
٦٦ الفصل الثانى - فى الحرارة الكامنة
٦٦ حرارة الصهر
٦٦ فى تعيين الحرارة الكامنة لاصهر الجليد
٦٧ فى الحرارة الكامنة للتبخير
٦٨ الباب السادس - فى الارتباط بين الشغل والحرارة
٦٨ فى بيان أن ظهور الحرارة يعصبه فقد فى الشغل وبالعكس
٧٠ الباب السابع - فى انتقال الحرارة والحرارة الأرضية
٧٠ الفصل الاول - فى قابلية توصيل الاجسام للحرارة
٧٠ فى اختلاف قابلية توصيل الاجسام الصلبة للحرارة
٧٠ فى مقارنة توصيل الاجسام الصلبة للحرارة
٧١ التيارات التى تولد فى سائل أو غاز مستغن من حرته السفلى
٧٢ فى قابلية توصيل الاجسام السائلة والغازية للحرارة
٧٢ الفصل الثانى - فى تشعع الحرارة
٧٣ فى انتشار الحرارة والاشعة الحرارية
٧٣ فى مقارنة مقادير الحرارة التى تقع على جسم من ينبوع حرارى موضوع على أبعاد مختلفة منه
٧٤ فى جهاز ملوفى
٧٥ فى قوة الابعاث
٧٥ فى انعكاس الحرارة المتشعة وقوة الانعكاس
٧٧ القوة الدينامية
٧٧ الامتصاص وقوة الامتصاص

تابع (فهرست الجزء الثانى من كتاب الطبيعة المشتل على الحرارة)

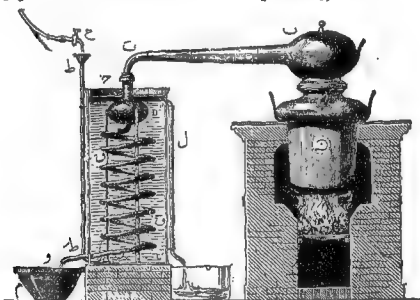
صحيفة

- ٧٨ فى بيان أن قوة امتصاص جسم تساوى قوة ابعائه بالنسبة لينبوع حرارى واحد
٧٨ فى توازن الحرارة
٧٨ الانعكاس الظاهرى للبرودة
٧٩ الفصل الثالث - فى توزيع الحرارة على سطح الكرة الارضية
٧٩ فى ذكر الاسباب التى تؤثر على اختلاف الحرارة فى النقط المختلفة من سطح الارض
٨٠ فى الحرارة المتوسطة
٨٠ فى الخطوط ذات الحرارة الواحدة
٨٠ الطقس
٨٠ فى تأثير العروض
٨١ فى تأثير مجاورة البحار
٨١ فى تأثير الارتفاع عن سطح البحر
٨٢ الفصل الرابع - فى الرياح
٨٢ فى أسباب الرياح
٨٢ فى الرياح الدورية
٨٣ فى الرياح المستمرة
٨٣ فى الرياح الغير منتظمة
-

(تحت الفهرست)

الجزء الثانى
من كتاب الطبيعة المشتمل على الحرارة
(وهو يحتوى على ٥٥ شكلا)

تأليف
حضرة اسماعيل أفندى حسين
مدرس الكيمياء والطبيعة بمدرسة المهندسخانة الخديوية



قررت نظارة المعارف العمومية لزوم طبع هذا الجزء وتدريبه بالمدارس الاميرية بعد أن
تصدق عليهم من اللجنة المشكلة في النظارة بأداة تاريخها ٢٤ يناير سنة ٩٢ غرة ٩

(حقوق الطبع محفوظة لنظارة المعارف العمومية)

(الطبعة الثانية)
بالطبعة الكبرى الاميرية يولاق مصر المحمية
سنة ١٨٩٥
افرنجيه



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

الكلام على الحرارة

الباب الاول

(في تفسير امتدادات الاجسام بالحرارة)

الفصل الاول

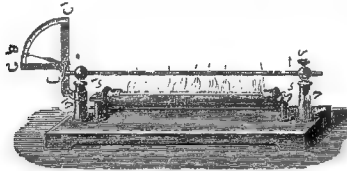
(في التمدد على اليوم والتمومتات)

(في تمدد الاجسام بالحرارة)

الاجسام على العموم تمتد أى يزيد حجمها بالتسخين وتتكشف أى يقل حجمها بالتبريد ويثبت ذلك بالتجارب الالمانية

تمدد الاجسام الصلبة - القضبان المصنوعة من الاجسام الصلبة تزيد أطولاً بالتسخين وتقل طولاً بالتبريد ويثبت ذلك باستعمال البيرومتري الرفعة الميكنى (شكل ١) وهو يتركب من ساق معدنى أ ب يفقد من قضبتين مصنوعتين فى قائمتين معدنيتين ح و د وهذا الساق مثبت فى القائم ح بواسطة مسمار برمة ع ويمرر الصافى الفخمة الموحدة فى القائم ح ثم يسكنى فى نقطة ب على أحد ذراعى رافعة هـ و ب متحركة حول نقطة و وطرف ذراعها الثانى الذى يزيد فى الطول عن الاول يتصل عند دورانها أمام قوس مدرج و ن

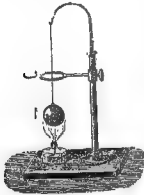
فإذا سخن الساق أ ب بالهباب الكؤل الموجود في المستودع و د الثبت تحته يشاهد أن طرف ذراع الرافعة الطويل و ه يرتفع أمام القوس و د وهذا يثبت أن الساق تمدد و طرد أمامه ذراع الرافعة القصير و ب



ش ١

والغرض من استعمال الرافعة ه و ب هو جعل تمدد الساق أ ب سهل المشاهدة وفي الواقع فإنه لو فرض أن الذراع و ه يساوي عشرة أمثال الذراع و ب فيكون القوس الذي ترسمه نقطة ه مساويا عشرة أمثال الذي ترسمه نقطة ب أي عشرة أمثال التمدد وإذا برد القضيب بالنفث يشاهد أن ذراع الرافعة و ه يعود إلى وضعه الأصلي

وإذا أريد اثبات زيادة حجم الأجسام الصلبة عندما تزداد خواصها تعمل تجربة حلقة (جرافزاند) ولأجل ذلك يؤخذ جهاز مكون كافي (شكل ٢) من كرتين النحاس أ يمكن تمريرها بسهولة من حلقة من النحاس ب تساويها في القطر فإذا سخنت هذه الكرة بمصباح كؤل يرى أنه لا يمكن تمريرها من الحلقة وإذا بردت يرى أنها تمر منها بالنفث وإذا سخنت الكرة والحلقة في آن واحد يشاهد أن قطر الكرة يبقى على الدوام مساويا قطر الحلقة وهذا يثبت أن التجاويف التي توجد في أي جسم صلب تزداد بتأثير الحرارة عليه كازدياد كتلة من المادة المصنوع منها ذلك الجسم أحجامها مساوية بالضبط لأحجام هذه التجاويف فخلا إذا سخن إناء من الزجاج فإن سعته تزداد بمقدار مساو للذي تزداده كتلته من الزجاج مساوية لحجم هذه السعة



ش ٢

تمدد الأجسام السائلة - لأجل اثبات تمدد هذه الأجسام يوضع سائل ملون داخل كرتين زجاجيتين ملوحتين رفيع (شكل ٣) ثم يعلم سطح السائل في هذا الساق بواسطة قطعة من الورق

تلتصق بجذائه فإذا غمرت الكرة بعد ذلك في ماء سخن يرى بعد برهة أن سطح السائل يرتفع في الساق زيادة عن وضعه الأصلي ويستتبع حركات السائل في الامتداد من أول وضعه في الماء الساخن إلى انتهاء العمل يرى أنه عند غمر الكرة في الماء المذكور يأخذ سطح السائل الموجود في الأنبوبة في الانخفاض من أ إلى ب ثم يرتفع بالثاني ويصل إلى ارتفاعه الأصلي ثم يزيد عنه بسرعة إلى أن يصل إلى ج وذلك لأنه عند غمر الكرة في الماء الساخن تسخن قبل السائل الموجود فيها وبذلك يتسع حجمها فينخفض حينئذ سطح السائل في الساق وبما أن الحرارة بعد تسخين مادة الكرة تنقل في السائل شيئاً فبمقدور حيث يورث ارتفاع سطحه إلى أن يأخذ وضعه الأصلي ثم يأخذ في الارتفاع زيادة عن ذلك وهذا يثبت أن السوائل تمدد أكثر من الأجسام الصلبة



ش ٣

تعدد الغازات - لأجل إثبات تعدد الأجسام الغازية تؤخذ كرة من الزجاج ب (شكل ٤) مملوءة بالهواء ومتصل بها ساق أفقي محتوي على مقدار صغير من سائل ملون م يفصل بين الغاز الموجود في الكرة والجزء التالي لها من الساق وبين الهواء الخارجي فإذا سخنت الكرة تسخننا ضعيفاً بتقريب اليد منها يرى أن الغاز الموجود فيها يتمدد فتعدد أعسوساً ويطرد السائل م جهة طرف الأنبوبة المفتوح



ش ٤

وفي التجربة السابقة بقي القوة المرنة للغاز الموجود في الكرة ثابتة ومساوية للضغط الجوي فإذا فرض وجود عائق يمنع الغاز من التمدد فإن تأثير الحرارة عليه يزيد قوته المرنة ويثبت ذلك باستعمال جهاز مكون من كرة من الزجاج ب مملوءة بالهواء ومثبت فيها كما هو مبين في (شكل ٥) أنبوبة من الزجاج منحنية على نفسها مرتين ومحتوية على كمية من سائل ملون يرتفع فيها إلى منتصف الانحناء أ فإذا وضعت اليد على الكرة ب يرى أن السائل يرتفع في الفرع المفتوح وينخفض في الانحناء أ انخفاضاً غير محسوس بسبب اتساع سطحه في ذلك الانحناء



ش ٥

وزيادة قوته المرنة الغاز الموجود داخل الكرة ب يقاس بالارتفاع الذي يزيد به السائل في الفرع المفتوح عنه في الفرع الآخر

(في تفسير فذ الترمومترات)

اذا وضع جسمان بجملة التلامس وكان أحدهما أحر من الآخر سري جزء من حرارة الاول الى الثاني وبهذا نرى الاول أخذ في الانكماش والآخر في الامتداد ومن ذلك يرى أنه يمكن مقارنة حرارة الاجسام بمقارنة التغيرات التي تحصل في أبحامها عند ما وضع على حالة التلامس أعني أنه اذا لامس جسم جسم آخر وصغر حجم أحدهما وكبر حجم الآخر فيكون ذلك دليلا على أن درجة حرارة الجسم الذي صغر كانت أعظم من درجة حرارة الجسم الذي كبر أما اذا بقي حجم كل من الجسمين ثابتا فذلك يدل على أن درجة حرارتهما واحدة وبما أنه لا يمكن وضع جميع الاجسام على حالة التلامس فلاجل مقارنة درجات حرارتها ببعضها يؤخذ جسم مخصوص ويوضع على التوالي ملامس لكل منها فن تغير حجم ذلك الجسم يمكن مقارنة درجات حرارة هذه الاجسام والجسم المستعمل لهذا الغرض يسمى ترمومترا فينتج من ذلك حينئذ أن الترمومترات هي آلات بتغير أوثبات أبحامها تدل على تغير أوثبات درجة الحرارة تبيينه - يجب أن يكون حجم الترمومترات صغيرا لكي لا تغير درجة حرارة الاجسام التي توضع ملامسة لها تغيرا محسوسا

(في الوحدة المستعملة لقياس درجة الحرارة)

لاجل قياس أي شيء يجب في بادئ الامر أن نتخذ وحدة يقاس عليها نقطة مبدأ لذلك القياس مثلا لحساب الزمن انتخبنا وحدة وهي السنة ومبدأ وهو هجرة سيدنا محمد صلى الله عليه وسلم بالنسبة للسنين العربية وميلاد سيدنا عيسى عليه السلام بالنسبة للسنين الافرنكية فتعد حينئذ السنين من قبل هذا المبدأ ومن بعده ويجب أن تكون الوحدة المذكورة ثابتة وتفصل ظاهرتين يمكن مشاهدتهما بسهولة أما نقطة المبدأ فهي اختيارية فيجب حينئذ اعتبار وحدة لدرجة الحرارة الفرق بين درجتين ثابتتين تولدان عند حصول ظاهرتين سهلت المشاهدة والاحداث وقد شوهد أنه لو غر جسم في الجليد أثناء سحائه يمكث حجمه ثابتا مدة السحان وهذا يدل على ثبات درجة حرارة الجليد عند سحائه وقد شوهد أيضا أنه لو غر جسم في البخار المتصاعد من الماء وقت غليانه تحت ضغط 760 مم يمكث حجمه ثابتا أيضا وذلك يدل على ثبات درجة حرارة هذا البخار فانخبت وحدة لدرجة الحرارة هي الفرق بين درجة حرارة الجليد عند سحائه ودرجة حرارة البخار الذي يتصاعد من الماء وقت غليانه تحت ضغط 760 مم وقد قسمت تلك الوحدة الى مائة قسم متساوية وسميت كل منها درجة وفرض حينئذ أن درجة حرارة سحان الجليد مبدأ ويعبر عنها بالصفر ودرجة حرارة غليان الماء يعبر عنها بالمائة

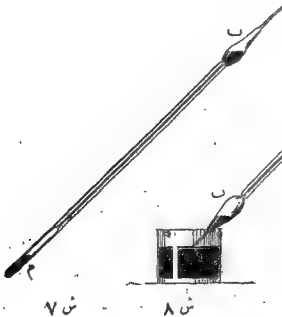
(في الترمومترات ذات السوائل)

الترمومترات الاكثر استعمالا مكوّنة كاهوميين في (شكل ٦) من مستودع من الزجاج شكله كروي واسطوانى يعاود أنبوبة شعيرية تسمى ساق الترمومتر ويوجد في هذا المستودع والجزء السفلى من الساق زئبق أو كحول فبناء على ما تقدم يرى أن السائل الموجود في هذه الآلة يرتفع في الساق بارتفاع درجة الحرارة وينخفض فيه بانخفاضها

وسنذكر فيما سأتى الطرق المستعملة لصناعة الترمومترات وتدريبها

(في صناعة الترمومتر الزئبقى)

ان الشغاليين الذين يصنعون الزجاج يحضرون أغلفة معدة لمل الترمومترات الزئبقية ويجب أن يكون الجزء الشعيرى من هذا الاغلفة اسطوانيا على قدر الامكان حتى اذا قسم الى أجزاء متساوية الطول تكون الاجزاء المتعاقبة لهذه الاجزاء متساوية والاغلفة المذكورة مكوّنة كاهوميين في (شكل ٧) من أنبوبة شعيرية منفوخة في أحد طرفيها مستودع م وملحوم في طرفها الآخر كرة صغيرة من الزجاج ب لها طرف مدبب كاهوميين في الشكل ولأجل مل هذه الاغلفة بالزئبق يتعدأ يقسخن المستودع م والكرة ب تسخين الطيف القديد الهواء الداخلى وطرد جزء منه في الخارج ثم يغمر طرف



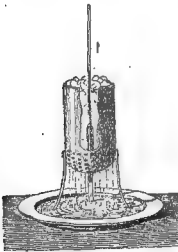
الكرة المدببة في مستودع محتوم على زئبق (شكل ٨) فبانكاش الهواء الداخلى بالبرودة التى تحصل فيه يدخل مقدار من الزئبق في الكرة ب وعندما يحكم أن المقدار المذكور كافى لمل المستودع والساق تعدل الآلة فعند ذلك يدخل الزئبق قليلا في الساق الا أنه لا يصل الى المستودع بسبب كون الهواء الداخلى يمنعه من الوصول اليه فيسخن حينئذ المستودع

بعد امالة الانبوبة قليلا لكي تمتددا الهواء الداخلي ويطرد جميع الزئبق في الكرة ويخرج جزء منه في الحقو فاذا تركت حيثئذا المستودع ليبرد به جعل الانبوبة في وضع رأسي ينكمش الهواء الداخلي ويدخل مقدار من الزئبق في المستودع فيسخن عند ذلك المستودع الثاني الى أن يغلي الزئبق الذي فيه فقطر دأ بخمره المتصاعدة جميع الهواء والرطوبة الباقية في المستودع والساق وبالتبريد تتكاثف أبخرة الزئبق وينزل زئبق الكرة في المستودع ويلاءم هو والساق ملائما ويجب عند غلي الزئبق الموجود في المستودع تسخين الزئبق الموجود في الكرة لانه اذا نزل باردا في المستودع الساخن لكسره وبعد اجراء ذلك بترك الجهاز الى أن يبرد ثم تفصل الكرة بـ منه ويوضع في وسط درجة حرارته تزيد قليلا عن النهاية العظمى لدرجات الحرارة المراد تعيينها بواسطة كى بسيل الزئبق الزائد عنه ثم تسد فمته بصباح

(في تدريج الترمومتر المثبت)

حيث عرفت ملء الترمومتر بالطريقة السابقة فباقي عليك الامعرفة بتدريجه واذ لك تعيين أول النقطتان المقابلتان لدرجة الصفر ودرجة المائة

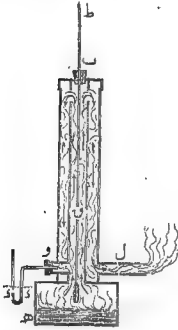
فلاجل تعيين النقطة المقابلة لدرجة الصفر علاء بالجليد الذي ابتداء في السحان لانه في قاعه فحات بسنيل منها ما يسج من الثلج ثم يغرق في هذا الاناء مستودع الترمومتر وجزء من ساقه بحيث يكون كل عمود الزئبق محاطا بالثلج كما هو مبين في (شكل ٩) فاناء أخر مرة بعد أخرى جزء من الساق وتطر الى سطح الزئبق فيه شوهده أنه ينخفض شيئا فشيئا وبأى وقت يكون فيه ثابتا فتعلم النقطة التي يقف بجذائهم وتكون هي المقابلة لدرجة الصفر ولاجل تعيين النقطة المقابلة لدرجة مائة أى المقابلة لدرجة حرارة بخار الماء وقت غليانه يستعمل عادة الجهاز المرسوم قطاعه



ش ٩

في (شكل ١٠) فالجهاز يتولد بتسخين الماء الموجود في الاناء هـ ويرتفع في الانبوبة المركزية و ثم ينخفض في المسافة ١١ التي تحيط بهذه الانبوبة وأخيرا يخرج في الحقون الانبوبة المفتوحة ل ويثبت الترمومتر قبل تسخين الماء في الانبوبة ب بواسطة سدادة من الفلين ب بحيث يكون مستودعه قريباً جداً من سطح السائل بدون أن يلامسه فيري من الشكل

أن البخار الذي يكون في ١١ يحفظ البخار المحيط بالترمومتر من البرودة الخارجية وزيادة على ما سبق يوجد ما قوتر ٥٥ مثبت على الانبوبة و ليتحقق بواسطة أن ضغط البخار في هذا الانبوبة مساو للضغط الجوي و يلاحظ أن يكون العمود الزئبقي مغورا بمساحة في بخار الماء الخارج جزء منه بعد كل لحظة لمشاهدة سطحه وعندما يرى أن هذا السطح صار ثابتا تعلم بمعداته نقطة تكون هي المقابلة لدرجة مائة إذا كان الضغط الجوي لا يختلف عن ٧٦٠ ملليمتر الا قليلا



ش ١٠

ولتدرج الترمومتر تقسم المسافة التي بين النقطتين الثابتتين الى مائة قسم متساوية يعلم بمعداتها على التوالي ٢٠١ و ٣٠ و ٤٠ و ٥٠ الخ ويستمر في التدرج عند الارادة فوق درجة مائة وتحت درجة الصفر ويعلم بمعداء التقاسيم التي بعد مائة بالاعداد ١٠١ و ١٠٢ و ١٠٣ و ١٠٤ الخ والتي تحت الصفر بالارقام ٢٠ و ٣٠ و ٤٠ الخ وهذه الاعداد الانصبة تكون دالة على درجات الحرارة الاقل من درجة حرارة الثلج الآخذ في السريان ولأجل تيسير درجات الحرارة التي فوق الصفر من درجات الحرارة التي تحتها تسبق الاولى بعلامة + والثانية بعلامة - فمثلا ١٥ - تدل على درجة حرارة أقل من الدرجة التي يسبق فيها الثلج بخمس عشرة درجة و ١٥ + تدل على درجة حرارة تزيد عن الدرجة التي يسبق فيها الثلج بخمس عشرة درجة

(في تغيير موضع النقطتين الثابتتين)

إذا أخذ ترمومتر مصنوع من مدة واعيدت عليه التجربة ان اللتان عين بواسطتهما النقطتان الثابتتان يرى أن الزئبق يقف أعلى هاتين النقطتين بدرجة أو اثنتين وهذه النتيجة ناشئة من نقص يحصل في حجم مستودع الترمومتر وفي الواقع فإنه عند دفع هذا المستودع بصير تسخينه الى درجة السريان ثم تبريده فعند حصول هذا التبريد يتولد فيه نوع سقي بصير حجمه أعظم من الحجم الذي يميل أن يكون عليه في الدرجة المعتادة وبذلك يرى أن كل ارتفاع في درجة حرارة هذا المستودع متبوع بانخفاض في ما يميل أن يرد بدرجة ثباته الى حالتها الاصلية أي يولد نقصا

في حجمه وبما أن ساق الترمومتر لم يحصل فيه سقي عند صناعة هذه الآلة فلا يشاهد فيه هذا التغيير أي أن البعدين النقطتين الثابتين يبقى على الدوام واحدا

(في ترمومتر ريومور)

هذا الترمومتر الذي كان مستعملا قديما بكثرة والمستعمل الآن في بلاد السويس وجزء من ألمانيا يختلف عن الترمومتر المثني الذي سبق الكلام عليه بأن النقطة التي يرتفع لحدها الزئبق عندها تقرأ الآلة في بخار الماء الآخذ في الغليان يعلم فيها ثمانين لأمائة وتقسم المسافة المحصورة بين الصفر وتلك النقطة الى ثمانين قسما متساوية ويمكن بغاية من السهولة إيجاد عدد الدرجات المثلثية الآلة على درجة حرارة وسط اذا علمت درجة حرارة ذلك الوسط باستعمال ترمومتر (ريومور) وبالعكس لأن كل ٨٠ من ترمومتر (ريومور) تعادل مائة درجة مثينية وبذلك تكون الدرجة الواحدة من الترمومتر الاول تعادل $\frac{11}{8}$ أو $\frac{5}{4}$ درجة مثينية ومن ذلك ينتج أنه لاحالة عدد معلوم من درجات (ريومور) الى درجات مثينية يكفي ضرب هذا العدد في ٥ وقسمة حاصل الضرب على ٤ أما اذا كان المراد تحويل الدرجات المثينية الى درجات (ريومور) فيضرب عدد الدرجات المذكورة في ٤ ويقسم حاصل الضرب على ٥

(في ترمومتر فرانثيت)

هذا الترمومتر مستعمل بكثرة في انكلترا وبنوابعها ولأجل عمله بوضع العدد ٣٢ في النقطة التي يقف الزئبق بجذائها عند ما تقرأ الآلة في الجليد الآخذ في السحان و٢١٢ في النقطة التي يقف بجذائها عند غمر الآلة في بخار الماء الذي غليانه وتقسم المسافة المحصورة بين هاتين النقطتين الى ١٨٠ قسما متساوية يعلم بجذائها على التوالي من أسفل الى أعلى بالأعداد ٣٣ و ٣٤ و ... الخ ولا بأس بزيادة التدرج أعلى وأسفل هاتين النقطتين عند الحاجة

مما تقدم يرى أن المسافة المحصورة بين درجة سحان الثلج ودرجة بخار الماء الذي يغلي تحتوي على ١٨٠ درجة من ترمومتر (فرانثيت) وكذا هذه المسافة تحتوي على ١٠٠ درجة مثينية فتكون حينئذ الدرجة الواحدة من ترمومتر (فرانثيت) تساوي $\frac{11}{18}$ أو $\frac{5}{9}$ درجة مثينية فينتج من ذلك أنه لاحالة عدد معلوم من درجات (فرانثيت) الى درجات مثينية يكفي طرح ٣٢ من العدد المعلوم وضرب الباقي الطرح في ٥ وقسمة الحاصل على ٩ ولاحالة الدرجات المثينية

الى درجات (فرانهايت) يضرب أولاً عدد الدرجات المئينية في ٩ ويقسم حاصل الضرب على ٥ ثم يضاف الى خارج القسمة ٣٢

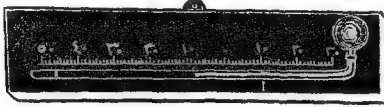
(في الترمومتر الكؤلى)

بما أن الزئبق يتجمد في درجة - ٤٠ فلا يمكن استعمال الترمومتر الزئبقى لتعيين درجات الحرارة المنخفضة جدا التي توجد في النقط الجاورة لقطب الارض فيعوض عند ذلك بهذا الترمومتر الترمومتر الكؤلى ويستعمل لعمل الترمومتر المذكور الكؤلى الملقون بالحجرة وملاء هذا الترمومتر أبسط بكثير من ملء الترمومتر الزئبقى ولا لزوم عند ذلك للحم كز مديقة في الجزء العلوى من الساق بل يكفي تسخين المستودع تسخيناً طفيفاً لإخراج كمية من الهواء ثم يغط طرف الساق المفتوح في الكؤلى الملقون بالبرودة يدخل مقدار من هذا السائل في الترمومتر فيوضع حينئذ هذا الجهاز وضعا رأسيا ويسخن الكؤلى فيه الى أن يغلى فيتجذب أبخرته المتصاعدة بجميع الهواء الموجود في المستودع وفي الساق ويكفى حينئذ بعد ذلك من يسير من الغلي قلب الترمومتر بسرعة وغمر طرفه في الكؤلى فتتكاثف بالبرودة الأبخرة التي كانت فيه وعلا الكؤلى الساق والمستودع ولا يخشى هنا من الكسر بما أن درجة الحرارة التي يغلى فيها الكؤلى ليست مرتفعة كالتي يغلى فيها الزئبق ومتى ملئ الترمومتر بهذه الصفة يلحم بعد أن يترك فيه قليل من الهواء ويعين الصفر هنا كما عيّن في الترمومتر الزئبقى إلا أنه لا يجب غمر هذا الترمومتر في بخار الماء الذي يغلى لأنه في هذه الدرجة التي تزيد على درجة غليان الكؤلى بـ ٢٠ و ٢٥ درجة تقريباً يتصاعد من الكؤلى أبخرة تسبب عنها في الغالب كسر الغلاف فيكفى حينئذ تعيين نقطة ثابتة على ساق الترمومتر بغيره في سائل درجة حرارته معينة بترمومتر زئبقى وتساوى ٥° أو ٥٠° ويعلم في النقطة التي يقف بها الكؤلى ٥° أو ٥٠° ثم تقسم المسافة التي يتفاوت فيها الصفر الى ٥° أو ٥٠° قسماً ويستمر في التقسيم تحت الصفر وفوق هذه النقطة

(في ترمومترات النهاية العظمى والنهاية الصغرى)

من المهم وجود ترمومترات بها يمكن تعيين أعلى درجات الحرارة وأدناها في محل معين وفي مدة معلومة بدون أن يكون الراصد ملزوماً بجلاسة الآلة واتباع دلائلها في هذا الزمن فترمومتر النهاية الصغرى المبين في (شكل ١١) هو ترمومتر كؤلى محتوي على اسطوانة من المينا مغمورة في الكؤلى في زيادة الحرارة يمر الكؤلى حول هذه الاسطوانة بدون أن يزعجها

ومتى انخفضت درجة الحرارة ينكش الكؤول ومتى وصلت نهايته الى محاذة الاسطوانة يجنبها



ش ١١

معه ويتركها في محلها متى ارتفعت درجة الحرارة ثانياً ولأجل صلاحية هذا الترمومتر للعمل يحال قليلاً الى أن تصير الاسطوانة التي من المينا في محاذة سطح الكؤول في الساق ثم يوضع وضعا أفقياً كما هو مبين في الشكل ويترك طول المدة المراد معرفة النهاية الصغرى للدرجة الحرارة فيها وبعد ذلك يقرأ الرقم الموجود في محاذة طرف الاسطوانة العلوى فهذا الرقم يكون دالاً على النهاية الصغرى المطلوبة أما ترمومتر النهاية العظمى المبين في (شكل ١٢) فهو ترمومتر زئبق يوضع وضعا أفقياً كاللة تقدم وساقه محتو على اسطوانة من الحديد ب موضوعة خارج الزئبق



ش ١٢

فبارتفاع درجة الحرارة يطر دال زئبق هذه الاسطوانة أمامه وبانخفاضها ينكش الزئبق ويترك الاسطوانة في محلها التي وصلت اليه عند الزيادة ولتبقى هذا الترمومتر للعمل يجذب ساق الحديد الى موازاة السطح الزئبقى بواسطة مغناطيس ويوجد في هذا الترمومتر عيب وهو أنه اذا أحدثت فيه رجات عارضية ينبت عليها دخول الساق الذي من الحديد في الزئبق فلا يمكن خروجه منه بالثاني ولذا يستبدل في وقتنا هذا ترمومتر زئبق يصنع الجزء المحصور بين ساقه ومستودعه مخمئياً ورفيعاً جداً (شكل ١٣) بحيث ان زئبق المستودع يتقدم هذه الجزء عند ما يمتدد الا أنه لا يمكنه العودة الى المستودع بالثاني عند انخفاض درجة الحرارة



ش ١٣

ولاجل تهي هذا الترمومتر للاستعمال بوضع وضعا رأسيا وتحدث فيه بعض درجات من أعلى إلى أسفل بواسطة إدخال الزئبق الزائد في الساق داخل المستودع ثم بوضع وضعا أفقيا كما هو مبين في الشكل ويتم ذلك ونفسه طول المقطر اذ معرفة النهاية العظمى لدرجة الحرارة فيها وبعد ذلك تقرأ الدرجة التي في محاذاة سطح الزئبق في ساقه فهذه الدرجة تكون هي الدرجة النهائية المطلوبة

(ترمومتر سكس)

قد أنشأ (سكس) ترمومتر احسنه (بلافي) يسمي لتعيين النهاية الصغرى والنهاية العظمى لدرجة الحرارة أثناء مدة معاومة وفي محل معين وهو يتكون من مستودع م متصل بساق رفيع منحني على نفسه مرتين ومنته بمستودع آخر (شكل ١٤) والمستودع م والساق يحتويان على كؤول الى نقطة ب ويوجد بعد هذا السائل زئبق يشغل الجزء المنحني ويرتفع في فرع الاربعة الثاني الى نقطة ج وبعد ذلك يوجد عمود كؤول آخر يرتفع الى نصف المستودع د وباقي المستودع المذكور محتوي على هواء تمتع قوته المرة بما بعد الزئبق عن الكؤول ويوجد داخل الكؤول في كل من الفرعين اسطوانة صغيرة من المينا فيها جزء مدبب مكون من زئبق فبارتفاع درجة الحرارة يتمدد الكؤول الموجود في المستودع وكذا عمود الزئبق فيرتفع حيث تزداد الاسطوانة التي في الفرع الذي جهة اليمين أما الاسطوانة الاخرى فتبقى في محلها بسبب الزئبق المنبث فيها وبانخفاض درجة الحرارة ينكمش الكؤول الموجود في المستودع ويقرع العمود الزئبق في اتجاه مضاد للذي تحرك فيه أول مرة ويرفع حيث تزداد الاسطوانة التي جهة اليسار فالاسطوانة التي في الفرع الذي جهة اليمين تميز حيث تزداد النهاية العظمى لدرجة الحرارة والتي جهة اليسار تميز النهاية الصغرى ولجل اعداد هذه الالة العمل يتبدأ بتزليل الاسطوانتين على سطح العمود الزئبق بواسطة مغناطيس صغير يجذب قطعة حديد صغيرة مثبتة في كل منهما



ش ١٤

مرتين ويرفع حيث تزداد الاسطوانة التي جهة اليسار فالاسطوانة التي في الفرع الذي جهة اليمين تميز حيث تزداد النهاية العظمى لدرجة الحرارة والتي جهة اليسار تميز النهاية الصغرى ولجل اعداد هذه الالة العمل يتبدأ بتزليل الاسطوانتين على سطح العمود الزئبق بواسطة مغناطيس صغير يجذب قطعة حديد صغيرة مثبتة في كل منهما

(تنبيهات على انتخاب المادة الترمومترية)

(الترموتر الزئبقي) هو أكثر الترمومترات استعمالا ويمكن أن يبين بسهولة الاسباب التي أدت الطبيعيين لانتخابه

ولنبن أولاً الاسباب التي بها افضلت الاجسام السائلة لعمل الترمومترات على الاجسام الصلبة والغازية فنقول

الاجسام الصلبة لا تفصل لعمل الترمومترات لان قابليتها للتمدد ضعيفة جداً أي أن الترمومترات التي تصنع منها تكون غير حساسة ويمكن تنقيص هذا العيب باستعمال رافعة مشابهة للوجود في البيرومتري الرافعة الميخ في (شكل ١) الآن ذلك الوضع يكون في أغلب الاحيان سبباً في صعوبة استعمال الترمومتر

ويوجد عيب آخر في الاجسام الصلبة وهو أنهم من المتقدم وذلك ان الاجسام المذكورة وخصوصاً المعادن عندما تسخن وتبرد على التوالي جلة حرارتها يحصل تغير في حجم اجزائها الى بعضها ينتج منه تغير في قابليتها للتمدد أعني أن الترمومتر الواحد المصنوع من جسم معدني يمكن أن يعطى تعليمات مختلفة طبقاً للاحوال التي مرت عليه

أما الاجسام الغازية فهي التي تصلح لقياس التغيرات الضعيفة التي تحصل في درجة حرارة الاجسام وذلك لان قابليتها للتمدد تزيد كثيراً عن الاجسام الصلبة والسائلة فيرى مثلاً أنه يمكن استعمال جهاز كلين في (شكل ٤) أو كلين في (شكل ٥) كترمومتر حساسة عظيمة جداً غير أن الترمومترات الغازية تحتاج الى أشخاص متدربين على التجارب الطبيعية لتعيين درجة الحرارة بواسطة زيادة على ذلك فإنه يلزم بعد عمل التجربة اجراء عملية حسابية لاستنتاج درجة الحرارة وإذا كانت الترمومترات المذكورة لا تستعمل الا لتعيين درجات الحرارة المراد منها استنتاج قواعد عملية ويفضل عليها في الاستعمالات العادية آلات كالترمومترات التي سبق شرحها تبين في الحال درجة الحرارة بقراءة الرقم المحاذي لسطح الزئبق في ساقها

وأخيراً قد صار انتخاب الزئبق لعمل الترمومترات دون غيره من الاجسام السائلة للجله أسباب أهمها هي

أولاً - يمكن الحصول على هذا السائل بقاءة تامة وهذا الشرط لازم لتكون سوائل الترمومترات المختلفة مشابهة لبعضها

ثانياً - درجة - ٤٠ التي يتجمد فيها الزئبق بعيدة جداً عن درجة + ٣٦٠ التي يغلي فيها ومعظم درجات الحرارة التي يراد معرفتها عادة محصورة بين هاتين الدرجتين

ثالثاً - الزئبق يكتسب بسرعة درجة حرارة الوسط الذي يوضع ملامس له

الفصل الثاني

(في تمدد الاجسام الصلبة)

(في عامل التمدد الطولى وعامل التمدد الحجمى)

قد نخرج من التجارب العديدة انه اذا سخن قضيب من جسم صلب بين صفر ومائة أو مائة وخمسين درجة فالتغيرات التى تحصل فى طوله تكون مناسبة للتغيرات التى تحصل فى درجة حرارته وبناء على ذلك وضع التعريفان الآتيان

عامل التمدد الطولى لقضيب هو العدد الدال على زيادة وحدة أطوال هذا القضيب فى الطول عندما ترفع درجة حرارته بدرجة واحدة

وعامل التمدد الحجمى لجسم هو العدد الدال على زيادة وحدة أحجام ذلك الجسم عندما ترفع درجة حرارته بدرجة واحدة

(فى استعمالات عامل التمدد)

اذا علم عامل تمدد الاجسام فيمكن بواسطة محل جميع المسائل المتعلقة بالتمدد وهى

(المسئلة الاولى) المعلوم طول قضيب ل فى درجة الصفر وعامل تمدده الطولى م والمطلوب إيجاد طوله ل' فى درجة م

لأجل ذلك يقال حيث ان وحدة أطوال هذا القضيب تزداد طولا عندما تسخن من درجة الصفر الى درجة واحدة بمقدار م يكون المقدار الذى تزداد عندما تسخن من درجة الصفر الى درجة م هو م م ويكون حينئذ المقدار الذى يزداد القضيب الذى طوله ل عندما يسخن من صفر الى درجة م هو ل م م ويكون حينئذ الطول الكلى للقضيب فى درجة م

مينا بالقانون

$$ل' = ل + ل م م \text{ أو } ل' = ل (١ + م م)$$

(المسئلة الثانية) المعلوم طول قضيب ل' فى درجة م وعامل تمدده الطولى م والمطلوب إيجاد طوله ل فى درجة الصفر

لأجل ذلك تقسم طرفى القانون (١) على (١ + م م) فينتج

$$(٢) \quad \frac{ل'}{١ + م م} = ل$$

(المسألة الثالثة) المعلوم طول قضيب ل في درجة س وعامل تمدد الطول م والمطلوب إيجاد طوله ل في درجة س

لأجل ذلك يقال رمز بحرف ل أطول ذلك القضيب في درجة الصفر فينتج بناء على ما سبق أن

$$ل = ل (١ + س م) \quad \text{و} \quad ل = ل (١ + س م)$$

ويقسمه هاتين المتساويتين على بعضهما طرفاً بطرف ينتج

$$\frac{ل}{ل} = \frac{ل (١ + س م)}{ل (١ + س م)}$$

وبذلك يكون

$$(٢) \quad ل = ل \times \frac{ل (١ + س م)}{ل (١ + س م)}$$

تنبيه - إذا رمز بحرف ع حجم جسم في درجة الصفر وبحرف ع حجمه في درجة س وبحرف د لعامل التمدد الجهي انك الجسم فينتج بالبات مشابهة لبات المسألة الأولى أن

$$(١) \quad ع = ع (١ + س د)$$

ومن هذا القانون ينتج أن

$$(٢) \quad \frac{ع}{ع} = \frac{ع (١ + س د)}{ع (١ + س د)}$$

وإذا رمز بحرف ع حجم الجسم في درجة س يكون

$$(٣) \quad ع = ع \times \frac{ع (١ + س د)}{ع (١ + س د)}$$

(المسألة الرابعة) المعلوم كثافة جسم ك في درجة الصفر وعامل التمدد الجهي د لذلك الجسم والمطلوب إيجاد كثافته ك في درجة س لأجل ذلك يقال أن كثافات الجسم الواحد في درجات الحرارة المختلفة تكون مناسبة تناسباً عكسياً لاجسام في هذه الدرجات فإذا رمز حينئذ حجم الجسم في درجة الصفر بحرف ع وحجمه في درجة س بحرف ع يكون

$$\frac{ع}{ع} = \frac{ك}{ك}$$

وبتعويض ع بمساواه وهو ع (١ + س د) ينتج

$$\frac{ع}{ع (١ + س د)} = \frac{ك}{ك} \quad \text{أو} \quad \frac{١}{١ + س د} = \frac{ع}{ع (١ + س د)} = \frac{ك}{ك}$$

(المسألة الخامسة) المعلوم كثافة جسم ك في درجة س وعامل التمدد الجهي د لذلك الجسم والمطلوب إيجاد كثافته ك في درجة س

لأجل ذلك يقال رمز بمحرف $\frac{1}{\sqrt{2}+1}$ لكثافة ذلك الجسم في درجة الصفر فينتج بناء على ما سبق

$$\frac{1}{\sqrt{2}+1} = \frac{1}{2} \quad \text{و} \quad \frac{1}{\sqrt{2}+1} = \frac{1}{2}$$

ويقسم هاتين المتساويتين على بعضهما طرفاً بطرف ينتج

$$\frac{1}{\sqrt{2}+1} = \frac{1}{2}$$

وبذلك يكون

$$\frac{1}{\sqrt{2}+1} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{2}$$

(طريقة تعيين عامل تمدد الاجسام الصلبة)

لأجل تعيين عامل تمدد الاجسام الصلبة يجب قياس أحجام معينة من هاتي درجتي الحرارة المختلفة وبما أنه يصعب عادة قياس حجم أي جسم في درجة حرارة معينة فيعين أولاً عامل التمدد الطولي للاجسام بالطريقة التي سنذكرها فيما سياتي ويستنتج من ذلك عامل التمدد الحجمي باستعمال الارتباط الواقع بينهما وبين عامل التمدد الطولي

(في بيان الارتباط الواقع بين عامل التمدد الطولي وعامل التمدد الحجمي)

إذا رمزنا بمحرف μ لعامل التمدد الطولي لجسم صلب وليكن الحديد مثلاً وبمحرف ω لعامل التمدد الحجمي لذلك الجسم وفرضنا أن وحدة الأطوال هو المتر ووحدة الأحجام هو المتر المكعب ونصورنا مكعباً من الحديد ضلعه متر وهو في درجة الصفر وضلعه في درجة واحدة فإن كل ضلع من أضلاعه يزيد بمقدار μ ويصير حجمه الكلي وهو في هذه الدرجة مساوياً إلى

$$(1 + \mu)^3 \text{ أعني } 1 + 3\mu + 3\mu^2 + \mu^3$$

وبذلك تكون زيادة حجم المتر المكعب من الحديد عندما يسخن من درجة الصفر إلى درجة واحدة أي عامل التمدد الحجمي للحديد هو

$$3\mu + 3\mu^2 + \mu^3 = \omega$$

وحيث أن μ كسر صغير جداً كما سيثبت لذلك فيمساوي فيكون مربعه μ^2 ومكعبه μ^3 صغيرين للغاية بالنسبة إليه ولا يؤثر حذف الحدين المحتوين عليهما تأثيراً محسوساً على مقدار ω لأن مجموع الحدين المذكورين يكون دائماً أقل من الخطأ الذي ينتج عند إجراء التجربة وبذلك يكون

$$\omega = 3\mu$$

(٣) طبعه (ثاني)

أعني أن العدد الذي يدل على عامل التمدد الحجمي لجسم يساوي على وجه التقريب ثلاثة أمثال العدد الدال على عامل التمدد الطولي للجسم المذكور ومن ذلك ينبج أنه لأجل إيجاد عامل التمدد الحجمي للأجسام الصلبة يكفي البحث عن عامل تمددها الطولي وضربه في ثلاثة

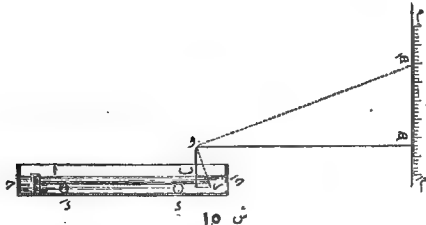
(في قياس عامل التمدد الطولي للأجسام الصلبة بطريقة لا قوازيه ولا بلاس)

ان الطريقة التي اتبعها (لأقوازيه) و (لا بلاس) لتعيين عامل التمدد الطولي للأجسام تنحصر في جعل التمدد المذكور سهل المشاهدة والقياس بطريقة مشابهة للستعمل في البيرومتر ذي الرافعة المئين في (شكل ١) فكانا يضعان القضيب أ ب المراد معرفة عامل تمدده كما هو مبين في (شكل ١٥) في قاع صندوق ح ح على اسطوانتين من الزجاج د و ه متحركتين حول محور م ما بحيث يكون أحد طرفيه أ متكنا على عقب ثابت وطرفه الآخر ب متحركا على طرف ساق رأسي ب و متحركا حول محور ماري و وكان هذا المحور حاملا لنظارة في الاتجاه وه مثبت أمامها وعلى بعد منها يساوي ما تقي متر قريبا مسطرة رأسية مم مقسمة الى سنتيمترات فكان يحاط أولا بالقضيب أ ب بالتلج الآخذ في السحبان ويقرأ على المسطرة القسم ه الموجود على اتجاه محور النظارة ثم يرفع التلج ويبعض عنه أ و زيت ساخن تعين درجة حرارته بالضبط فبسبب ارتفاع درجة الحرارة كان يتمدد القضيب ويدفع أمامه الساق الرأسى الى الوضع س و وتأخذ النظارة وضعاً آخر فتعيين القسم ه الموجود على امتداد محورها وهي في ذلك الوضع كان يستنتج من التلجين المتساويين وه ه و وب س أن

$$\frac{س ب}{ه ه} = \frac{و ب}{ه ه}$$

ومن ذلك ينبج

$$س ب = ه ه \times \frac{و ب}{ه ه}$$



أعني أنه لاجل إيجاد مقدار الزيادة Δ التي تحصل في طول الساق أثناء كل تجربة يمكن ضرب الطول H في النسبة $\frac{\Delta H}{H}$ التي كانت تعين قبل إجراء التجربة بغاية من الضغط ومنى علت هذه الزيادة يستخرج منها عامل التمدد الطولي أي الزيادة التي تحصل في طول قضيب من المادة المصنوعة عليها التجربة طوله يساوي الوحدة عندما يسخن درجة واحدة وذلك بقسمة الزيادة المذكورة على حاصل ضرب طول القضيب وهو في درجة الصفر في العدد الدال على درجة الحرارة التي سخن إليها وهالك بعض النتائج التي صادرت الحاصل عليها من تجربة بالحروف الانجيدية

أسماء الاجسام	مكافئ تمددها الطولي	أسماء الاجسام	مكافئ تمددها الطولي
البلاتين	٠.٠٠٠٠٩	الصلب المسقي ...	٠.٠٠٠٠١٣
الحديد	٠.٠٠٠٠١٢	الفضة	٠.٠٠٠٠١٩
الذهب	٠.٠٠٠٠١٥	النحاس	٠.٠٠٠٠١٧
الزجاج الممتلئ ...	٠.٠٠٠٠٩	النحاس الاصفر ..	٠.٠٠٠٠١٩

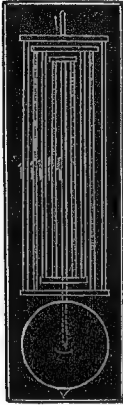
(في تطبيقات تمدد الاجسام الصلبة)

ان التمدد أو الانكماش اللذين يحصلان في الاجسام الصلبة عندما تغير درجة حرارتها يتسبب عنهما ظواهر كثيرة فمثلا اذا سخن قضاء جرم من سطح آنية من الزجاج فانها تنكسر وذلك لان الحرارة لا تنتقل في الزجاج الا بصعوبة من النقط المسخنة الى النقط المجاورة لها وبهذه الصفة تمدد الاجزاء التي تسخن دون غيرها وتحدث ضغطا قويا على الاجزاء المجاورة لها ينشأ عليه جبر الانية كذا ان ابرد جرم من سطح آنية من الزجاج ساخنة فانها تنكسر وذلك لان الجرم المذكور ينكمش دون غيره

ولقد تم تطبيقات عديدة منها أنه عند انشائها مسكك الحديد تترك مسافات خالية بين قضبان الحديد التي تصنع منها الاشرطه لانه اذا جعلت القضبان المذكورة ملاصقة لبعضها لتقوس عند تمددها بتأثير حرارة الصيف عليها

وقد أسس على اختلاف قابلية الاجسام المختلفة للتمدد تطبيقات مهمة في انشاء البنادل المنظمة المستعملة لتنظيم حركة عقارب الساعات الدقاقة في البنادل المذكورة التي تصنع من قطع معدنية مختلفة بقي البعدين نقطة تعليق كل منها ومرتبة بذهب واحد اهمها كانت درجة

الحرارة الخارجية وهذا الشرط ضروري لانه اذا تغير طول البندول تغيرت مدة مكث ذنباته وسعا تلك تغير سرعة حركة العقارب



ش ١٦

ويوجد جملة أنواع من البندول المنظمة أكثرها استعمالا لا يتركب كاهومين في (شكل ١٦) من عدسة معدنية ب محمولة بجملة سيقان الفردية الوضع منها من الصلب والاخرى من النحاس الاصفر وسيقان الصلب مبنية في الرسم أسود من سيقان النحاس وساق الصلب أ الحامل للعدسة ب مثبت من جزئه العلوي في عرصة أفقية وينفذ حاليان فحتين اسطوانيتين مصنوعتين في العرضتين السفليتين

وبالتأمل في الشكل يرى أنه بالصفة المتصلة بها السيقان الرأسية ببعضها بواسطة العرضات الأفقية تحصل تمدد سيقان الصلب من أعلى إلى أسفل وتمدد سيقان النحاس من أسفل إلى أعلى فينتج من ذلك أنه لاجل أن يبقى طول البندول ثابتا يلزم ويكفي أن تمدد سيقان النحاس برفع العدسة على الدوام بمقدار يساوي للذي يميل أن يخفضها به تمدد سيقان الصلب وبالعكس

الفصل الثالث

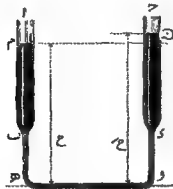
(في تمدد السوائل)

(في التمدد الظاهري والتمدد الحقيقي)

اذا سخن سائل في اناء كلبين في (شكل ٣) فان زيادة حجم السائل التي تشاهدناها بالانكسار دالة على تمدده بل تكون نتيجة تأثير الحرارة على كل من السائل والغلاف وهذه الزيادة هي المسماة بالتمدد الظاهري لذلك السائل وبما أن حجم الاناء يزداد بتأثير الحرارة عليه ينتج أن التمدد الظاهري لسائل وهو في اناء يكون أقل من الزيادة الحقيقية التي تحصل في حجم ذلك السائل أي تمدد الحقيقي ويظهر في بادئ الامر أنه لا يمكن قياس التمدد الحقيقي لسائل من غير معرفة تمدد الغلاف المحتوي عليه ومع ذلك فان (دولونج وبتي) تحصلوا على ذلك بخصوص الزئبق بالطريقة الآتية

(في تعيين عامل التمدد الحقيقي للزئبق بطريقتي دُولونج وبتي)

يوضع الزئبق في أنبوبة ذات فرعين رأسيين δ و α (شكل ١٧) متصلتين ببعضهما



ش ١٧

بأنبوبة شعيرية δ وهـ جزئها وهـ أفقي ويحاط أحد الفرعين α بالثلج والفرع الآخر بزيت مسخن إلى درجة حرارة معلومة فتكون حينئذ كثافة الزئبق في كل من هذين الفرعين غير واحدة بما أن درجة حرارته تختلف فيهما فإذا مرزبحرف δ لكثافته في الفرع α وبحرف δ' لكثافته

في الفرع δ فيكون البعدان ϵ و ϵ' يناسبهما الخالصين والأنبوبة وهـ مناسبين تناسباً عكسياً لكثائتي δ و δ'

$$(١) \quad \frac{\delta}{\delta'} = \frac{\epsilon'}{\epsilon}$$

ومن جهة أخرى تقدم أن

$$\frac{\delta}{\epsilon + 1} = \delta'$$

بفرض أن δ هي عامل التمدد الحقيقي للزئبق و ϵ درجة حرارة الزيت المحيط بالفرع δ فيتعويض δ' بمساوئها في المتساوية (١) ينتج

$$\epsilon + 1 = \frac{\epsilon}{\delta}$$

ومن هنا يستنتج

$$\frac{\epsilon - \epsilon'}{\epsilon} = \delta$$

فبإجراء التجربة بواسطة جهاز مؤسس على هذه الخاصية استنتج (دُولونج وبتي) أن عامل التمدد الحقيقي للزئبق هو $\frac{1}{1000}$ أي 0.001 .

(في تعيين عامل التمدد الحقيقي للسوائل الأخرى)

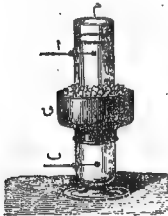
متى علم عامل التمدد الحقيقي للزئبق يستعمل لأجل تعيين عامل التمدد الحقيقي للسوائل الأخرى طريقة مؤسّسة على التنبيه الآتي وهو أنما إذا سخن سائل في أناء فيمكن اعتبار التمدد الحقيقي لتلك السائل مساوياً لتمدده الظاهري مضافاً إليه تمدد الغلاف

إذا قرر ذلك يقال أنه إذا وضع زئبق في غلاف من الزجاج وضخ عليه إلى درجة حرارة معينة وعن مقدار التمدد الظاهري فيمكن إيجاد تمدد الغلاف بطرح من التمدد الحقيقي للزئبق التمدد الظاهري الذي صارت مشاهدته فإذا عوض بعد ذلك الزئبق الموجود في هذا الغلاف بسائل آخر وعن مقدار التمدد الظاهري للسائل المذكور فإنه يمكن إيجاد تمدده الحقيقي حيث أن تمدد الغلاف معلوم

(في النهاية العظمى لكثافة الماء)

إذا وضع في سائل واحد ترمومتر زئبقي وغلاف ترمومتر محتوي على ماء وخفضت درجة حرارة هذا السائل شيئاً فشيئاً هو هدف في تغيير حجم الماء الموجود في الغلاف الترمومتري فظاهرة عجيبة فإذا فرض مثلاً أن درجة حرارة السائل المحيط بالترمومترين كانت في بادئ الأمر 10° يرى أولاً أن الزئبق والماء ينخفضان في الترمومترين إلا أنه عندما يصل الزئبق في ساق الترمومتر الزئبقي إلى درجة $+$ ٤ تقريباً يرى أن سطح الماء يرتفع ثانياً في ساق الغلاف المحتوي عليه أما سطح الزئبق فإنه يستمر في الانخفاض فينتج من ذلك حينئذ أنه يوجد مجوار درجة أربعة درجة حرارة يكون حجم الماء فيها نهاية صغرى أي لكثافته نهاية عظمى

ويمكن أن يبين أيضاً أن لكثافة الماء نهاية عظمى عندما تكون درجة حرارته مجوار أربعة باستعمال جهاز مكوّن كما هو مبين في (شكل ١٨) من مخبر من الزجاج م مملوء بالماء ويحترق جدره ترمومتران أفقيان a و b أحدهما a يوجد في الطبقات العليا من السائل والثاني b يوجد في طبقاته السفلى والجزء المتوسط من المخبر م محاط بغلاف اسطواني n مملوء بالثلج المجروش فإذا فرض أن درجة حرارة ماء المخبر $10^\circ +$ تقريباً يشاهد أن عمود الزئبق ينخفض في ساق الترمومترين إلا أنه ينخفض بسرعة عظيمة في ساق الترمومتر السفلي ويبطئ جداً



ش ١٨

في ساق الترمومتر العلوى وذلك يدل على أن طبقات الماء التي تبرد من تأثير الثلج في الجزء المتوسط تنزل في القاع أي أن كثافتها تزداد ومتى وصل الترمومتر السفلي إلى درجة أربعة يشاهد أن سطح الزئبق يبقى فيه ثابتاً إلا أنه يستمر في الانخفاض في الترمومتر العلوى إلى أن يصل إلى درجة أربعة ثم إلى درجة الصفر فينتج من ذلك حينئذ أن طبقات الماء التي تبرد في الجزء المتوسط من المخبر إلى درجة أقل من $+$ ٤ تصير أخف من الماء التي في درجة $+$ أي أن كثافتها تنقل

وقد تمحصل علواً من مشابهة التي شاهدناها في التجربة السابقة في مياه معظم البحار والبحيرات في شاهد أن درجة حرارة المياه المذكورة تكون على الدوام ابتداء من عمق معين مساوية إلى أربعة مهما كان حر الصيف وبرد الشتاء وذلك لأن تغير الحرارة الخارجية يبنى عليه أن تكون كثافة الطبقات المجاورة للسطح أقل من كثافة المياه العميقة وبذلك فإن الطبقات السفلى لا تختلط أبداً بالطبقات التي فوقها

الفصل الرابع (في تمدد الغازات)

(عامل تمدد الغازات وهي تحت ضغط ثابت وقانون غايوسالك)

عامل تمدد غاز وهو تحت ضغط ثابت هو العدد الدال على زيادة وحدة أحجام هذا الغاز عندما يسخن درجة واحدة

وقد توصل (غايوسالك) بالتجارب التي أجراها إلى القانون العمومي الآتي

عامل تمدد جميع الغازات بين صفراً ومائة درجة واحد وهو لا يتعلق بالضغط الذي يكون مؤثراً على الغاز عند تسخينه متى كان الضغط المذكور ثابتاً أثناء كل تجربة

وقد أوردت تجارب (رونيوت) أنه لا يجب اعتبار هذا القانون مضبوطاً ضبطاً تاماً ومع ذلك فإنه قريب جداً من الحقيقة بحيث أنه يمكن تطبيقه في معظم الأحوال بدون خطأ عظيم لا يجباد حجم الغازات في درجات الحرارة المختلفة

(في المسائل الخاصة بتمدد الغازات)

إذا رمز بحرف σ لعامل تمدد غاز وبالاحرف ϵ و ϵ' و ϵ'' للأحجام التي تشغلها كتلة من هذا الغاز بدون أن تتغير قوتها المرنة في درجة الصفر ودرجة σ ودرجة σ' فيحصل بطريقة مشابهة التي ذكرت عند التكلم على المسائل الخاصة بتمدد الاجسام الصلبة أن

$$(1) \quad \epsilon = \epsilon' + (\sigma + 1) \epsilon''$$

$$(2) \quad \frac{\epsilon}{\sigma + 1} = \epsilon''$$

$$(3) \quad \epsilon'' = \frac{\epsilon}{\sigma + 1} \times \epsilon'$$

تمييزه - لاستعمل القوانين الثلاثة السابقة الا اذا كانت القوة المرنة للغاز تبقى واحدة في درجات الحرارة المختلفة وحيث انه في معظم الاحوال تتغير القوة المرنة مع تغير الحرارة فيلزمنا حينئذ حل المسألة الآتية

المعلوم كتلة غازية حجمها C وقوتها المرنة V ودرجة حرارتها t والمطلوب إيجاد حجم هذه الكتلة C عندما تصبح قوتها المرنة V' ودرجة حرارتها t'

لاجل ذلك يقال اننا لو فرضنا بحرف V للحجم الذي يأخذه الغاز اذا غيرت قوتها المرنة من V الى V' من غير تغيير درجة حرارته يكون بناء على قانون (ماريوت)

$$\frac{C}{V} = \frac{C'}{V'}$$

ومن ذلك يستخرج

$$\frac{C'}{V'} = \frac{C}{V}$$

فاذا غيرت حينئذ درجة حرارة هذا الغاز من t الى t' ينتج طبقا لما تقدم

$$C' = C \times \frac{t' + 273}{t + 273}$$

وبتوضيح V بما ساواها يحدث

$$C' = C \times \frac{t' + 273}{t + 273} \times \frac{V}{V'}$$

واذا كان المراد إيجاد حجم الغاز في درجة الصفر وضغط ٧٦٠ مليمترا يوجد

$$C' = C \times \frac{273}{t + 273} \times \frac{V}{760}$$

الفصل الخامس

(في كثافة الغازات)

(تعريف كثافة الغازات)

كثافة غاز هي النسبة الكائنة بين وزن حجم منه ووزن حجم مساو له من الهواء بشرط أن يأخذ كل منهما في درجة الصفر وتحت ضغط يساوي ٧٦٠ مليمترا

(في أساس الطريقة التي وضعها (رونيولت) لتعيين كثافة الغازات)

لأجل تعيين كثافة الغازات المختلفة استعمل (رونيولت) طريقة تنحصر في العمليتين الآتيتين
أولا يعين وزن الغاز الذي يعلّ قبابه من الزجاج وهو في درجة الصفر وتحت ضغط يساوي
الضغط الجوي ثم يستخرج من ذلك وزن الغاز الذي يعلّ نفس القبابه في درجة الصفر
وتحت ضغط ٧٦٠ مليمترا بتطبيق قانون (ماريوت)

ثانيا يعين بإجراء تجربة ثانية مشابهة للاولى وزن الهواء الذي يعلّ نفس القبابه في درجة
الصفر وتحت ضغط ٧٦٠ مليمترا فيكتفي حينئذ لايجاد العدد الدال على كثافة الغاز
قسمة العدد الاول على العدد الثاني

وبهذه الكيفية تحصل (رونيولت) على النتائج الآتية

أسماء الغازات	كثافتها	أسماء الغازات	كثافتها
الهواء	١,٠٠٠٠	الانديد كبريتيك ..	١,٥٢٩٠
الازوت	٠,٩٧١٤	أو أكسيد الكربون ..	٠,٩٦٨٠
الأكسجين ...	١,١٠٥٦	الانديد كبريتوز ..	٢,٢٥٠٠
الايديرجين ...	٠,٠٦٩٣		

(في تعيين ثقل اللتر من الهواء)

عند إجراء الجزء الثاني من التجربة السابقة صار تعيين وزن الهواء الذي يعلّ قبابه من الزجاج
في درجة الصفر وتحت ضغط ٧٦٠ مليمترا فيكتفي حينئذ لتعيين وزن اللتر من الهواء في الشروط
السابقة أن يعين حجم القبابه المذكورة وقد توصل الى ذلك (رونيولت) بتعيين وزن الماء
الذي يعلّ ها ومن ذلك استنتج حجمها فبقسمة وزن الهواء الذي يعلّ ها على ذلك الحجم تحصل
على ١,٢٩٣ جرام الذي يكون حينئذ عبارة عن وزن اللتر من الهواء في درجة الصفر وتحت
ضغط ٧٦٠ مليمترا

(مسئلة)

المطالوب تعيين وزن غاز حجمه ح ودرجة حرارته ص وقوة المرنه ص

(٤) طييمه (٤)

لأجل ذلك يقال نرسم بحرف ك كثافة هذا الغاز بالنسبة للهواء فيكون وزن المتر منه في درجة الصفر وتحت ضغط ٧٦٠ ملليمترا هو ١,٢٩٣ جرام \times ك ومن جهة أخرى يرى أن حجم الغاز السابق المذكور في درجة الصفر وتحت ضغط ٧٦٠ ملليمترا يكون بناء على ما تقدم مينا بالقانون

$$\frac{1}{273+1} \times \frac{ص}{٧٦٠} \times ٢$$

وحيث أنه يكون وزنه ن هو

$$\frac{1}{273+1} \times \frac{ص}{٧٦٠} \times ٢ \times ك \times ١,٢٩٣ = ن$$



الباب الثاني (في تغيير حالة الاجسام)

(في تغيير حالة الاجسام بتأثير الحرارة)

اذا رفعت درجة حرارة جسم صلب بطريقة مستمرة فيأتي على العموم وقت يصير فيه الجسم المذك كورسائلا وهذه الظاهرة هي المسماة بالصهر أو السيجان وبالعكس اذا برد جسم سائل تبريدا كافيا فإنه يصير صلبا وهذه هي ظاهرة التجمد كذا اذا اخضعت الاجسام السائلة بطريقة مستمرة فإنها تستحيل الى غاز يعطى له غالباً اسم بخار وهذه هي ظاهرة التبخر وبالعكس اذا بردت الابخره فإنها تعود الى الحالة السائلة بالثاني وهذه هي ظاهرة التكثيف أو السيولة وسند كر على التوالي جميع هذه الاستحالات

الفصل الاول

(في السيجان والتجمد)

(في السيجان)

ظاهرة السيجان أي الصهر منقادة للقانونين الآتيين

أولا عندما ترفع درجة حرارة جسم بالتدريج فإنه يتبدئ في السيجان في درجة حرارة معينة تسمى درجة سيجانه أي صهره

ثانيا متى ابتدأ الجسم في السيجان فإنه يستمر فيه ودرجة حرارته تبقى ثابتة مادامت باقية فيه أجزاء صلبة

فمثلا اذا أثر على بعض قطع من القصدير بالحرارة يشاهد أنها يتبدئ في السيجان متى وصلت درجة حرارتها الى ٢٣٥ وعند ذلك تبقى درجة حرارة الكتلة ثابتة ومساوية الى ٢٣٥ الى أن يستحيل القصدير بقلعه الى الحالة السائلة واختلاف شدة حرارة النار المستعملة للتسخين لا يكون له تأثير الا على سرعة الصهر ومتى تم سيجان الجسم يشاهد أن درجة حرارته يتبدئ في الزيادة عن ٢٣٥

ولكل جسم درجة صهر خاصة به كما يتضح ذلك من الجدول الآتي

درجات سيحانها	أسماء الاجسام	درجات سيحانها	أسماء الاجسام
٢٦٢	زئبق	٤٠ -	زئبق
٣٢٥	رصاص	٠٠	نلج
٤٣٢	أنتيمون	١٧	حمض الخليك
٤٥٠	خارصين	٤٤ و ٤٢	فوسفور
٦٠٠	الومنيوم	٥٨	بوتاسيوم
١٠٠٠	فضه	٩٠	صوديوم
١٠٥٠	ظهر الحديد	١٠٧	يود
١٢٥٠	ذهب	١١٣ و ٦	كبريت
١٤٠٠	صلب	٢١٠	زرنج
١٥٠٠	حديد	٢٣٥	قصدير

وكان يعتبر قديما من الاجسام الصلبة ما هو غير قابل للصهر وذلك كالبلاتين والجير وغير ذلك الا انه امكن اخيرا سيجان كثير من هذه الاجسام عند التحصل على حرارة كثيرة الارتفاع واذلك يعتبر الآن أن جميع الاجسام قابلة للصهر والتي لم يمكن صهرها منها تصهر كغيرها غير أنها تحتاج الى حرارة قوية جدا ما أمكن التحصل عليها الى وقتنا هذا

(في الحرارة الكامنة للصهر)

حيث ان درجة حرارة أى جسم تبقى ثابتة أثناء المدة التي يسج فيها مهما كانت حرارة السبوع الحرارى المستعمل لتسخينه ينتج أن الحرارة المتولدة بالسبوع الحرارى أثناء ذلك تكون مستعملة فقط لاحالة الجسم من الحالة الصلبة الى الحالة السائلة وقد سميت هذه الحرارة أى الحرارة التي يتصها جسم أثناء صهره بالحرارة الكامنة لصهر هذا الجسم

(التجسم)

ان ظاهرة التجسم مقدما لظاهرة انصهار متساوية في قوانين السيجان وهما

أولا عندما يبرد جسم سائل بالتدريج فإنه يتدنى على النجوم في التجمد في درجة حرارة معينة هي الدرجة التي يسخن فيها الجسم الذي يستحيل إليه ثانيا متى ابتداء الجسم في التجمد فإنه يستمر فيه ودرجة حرارته تبقى ثابتة الى أن يتجمد بتمامه

وثبات درجة الحرارة أثناء التجمد يورى أن الحرارة التي يفقدها الجسم أثناء تجمده تقابل فقط لتغير حالته وهذه الحرارة هي الحرارة الكامنة التي امتصها الجسم عند صهره والغير يمكن له أن يحفظها وهو على الحالة الصلبة

(ظاهرة فوق الصهر)

قد أورت التجربة أنه اذا أخذ سائل في حالة سكون تام وغير محتوي على أجزاء صلبة من الجسم الصلب الذي يستحيل اليه فيمكن تبريده الى درجة أقل بكثير من الدرجة التي يتجمد فيها عادة بدون أن يستحيل الى الحالة الصلبة فيقال عند ذلك أنه فوق مصهور وقد أثبت ذلك جرونيز على الماء والكبريت والفوسفور وكثير من الاجسام الاخر

ولاجل تجميد جسم فوق مصهور يرج الاناء المحتوي عليه أو يدلك في وسطه جسمان صلبان يعضهما أو أحيا ناملامة الهواء تكفي لحصول ذلك غير أن هذه الطرق لا تنجح دائما والطريقة التي لا تخجل أبدا هي أن يلقي في باطن السائل الفوق مصطهر قطعة صغيرة من الجسم الصلب الذي يستحيل اليه فيشاهد في الحال تجمد جزء من هذا الجسم يكون مقداره أعظم كلما كانت درجة الحرارة للبرد اليها الجسم الفوق مصطهر أكثر انخفاضاً وزيادة على ذلك فإنه يشاهد عند حصول هذا التجمد ارتفاع درجة الحرارة الى الدرجة التي يصهر فيها الجسم المصنوعة عليه التجربة وذلك لأن الجزء الذي يتجمد يترك مقدارا للحرارة الذي امتصه عندما ستماله الى الحالة السائلة وهذه الحرارة هي التي تسخن الكتلة بتمامها

(في تغير الحجم الذي يصحب الصهر أو التجمد)

ان معظم الاجسام السائلة عندما تستحيل الى الحالة الصلبة تحصل نقص في حجمها وتباعد ذلك ازدياد في كثافتها فيشاهد مثلا أن الكبريت الصلب ينزل في قاع اناء محتوي على كبريت مصطهر وهذه الظاهرة تشاهد ايضا في الفوسفور والشحم والزئبق ومعظم المعادن أما الماء فيحصل فيه عكس ذلك أي أن حجمه يزداد عند تجمده والدليل على ذلك أن الثلج يطفو على سطح الماء

والزيادة التي تحصل في حجم الماء عند تجمده لها أهمية عظمى في الطبيعة وذلك لأن طبقة الثلج التي تتكون على سطح الأنهر والبحيرات في البلاد الباردة تبقى على السطح وتحفظ باقي الماء من التجمد وإذا كان حجم الماء يتقص عند تجمده لسقط الجليد الذي يتكون على سطح الأنهر والبحيرات في قاعها وتجدل غيره وهكذا إلى أن تصير جميع مياهها جليداً وبذلك تبقى حياة الحيوانات والنباتات غير ممكنة فيها

وبما أن حجم الماء يزداد كثيراً عند تجمده فينتج منه ضغط قوى على جدران الأوعية المحتوية عليه ولا ثبات لذلك غلاطاً مسورق من الحديد ملاً تاماً بالماء وقد فتحناها يرمين مقارطين ثم نوضع في مخلوط مبرد مكون من الجليد المجروش وملح الطعام فيرى بعد برهة أنه تولد صوتاً ناشئاً عن كسرها كسر الطوليا وقت تجمد الماء فيها وبهذه الصفة يتميز في سيقان النباتات الموجودة في البلاد الباردة وأفرعها عند ما يكون البرد شديداً وذلك بسبب كون عصاره هذه النباتات تزداد جميعاً وقت ما تتجمد

(في ذوبان الأجسام الصلبة في السائلة والمخاليط المبردة)

إذا وضع مقدار من ملح الطعام في الماء فيشاهد أنه يستعمل إلى سائل يخلط اختلاطاً تاماً بالماء وقد سميت هذه الاستعمال بالذوبان

وعندما يكون الذوبان غير محبوب بظواهر كإيوائية فيتولد عنها انخفاض في درجة الحرارة ناشئ من امتصاص الجسم المذاب لكمية الحرارة اللازمة لاحتوائه إلى الحالة السائلة فمثلاً إذا أذيب مقدار من آزونات الأمونيوم في قدر ثقيل من الماء فإنه يحدث انخفاضاً في درجة حرارة المخلوط بمقدار ٢٥ درجة

وقد أسست على هذا الخاصية المخاليط المبردة المستعملة لخفض درجة حرارة الأجسام التي تعبر فيها

ومن المخاليط المبردة الأكثر استعمالاً المخلوط المكون من ثلاثة أجزاء من كبريتات الصوديوم وجزء من حمض الكلوريدريك وقد تصنع أجهزة يستعمل فيها هذا المخلوط لعمل أنواع الطولادرمة التي هي جليد محضر من شراب أولبن مذاب فيه سكر فيوضع أحد هذه السوائل في إناء من النحاس يغمر في وسط المخلوط السابق الذي كراي أن يتجمد

ويستعمل أيضاً في كثير من الأحوال مخلوط مكون من ملح الطعام والثلج المجروش الذي يمكن بواسطته خفض درجة الحرارة إلى - ٢٠ وبرد هذه المخلوطات يتجمد من كون الملح يسرع

اصطهار الجليد وبذلك فان هذا الجسم لا يجذ جميع الحرارة اللازمة لسيجانه في الهواء
ويأخذ من معظمها من المحاط نفسه

(في التشبع وفوق التشبع)

المقادير التي تذوب من الاجسام المختلفة في الماء أو غيره من السوائل تختلف باختلاف هذه
الاجسام واختلاف السائل الذي تذاب فيه وعلى العموم تكون الكمية التي تذاب من جسم
صلب في جسم سائل أعظم كلما كانت حرارة السائل أكثر ارتفاعا فإذا وضع في مقدار معين
من الماء مقدارا من ملح الطعام أو من أى جسم قابل للذوبان في هذا السائل فينتهي الحال
بكون الجسم لا يذوب منه شيء مطلقا فيقال حينئذ ان السائل تشبع وإذا أذيب جسم
من الاجسام التي يزداد ذوبانها بزيادة درجة الحرارة في ماء ساخن الى أن يتشبع وبرد المحلول
فترسب منه البلورات من الجسم الذائب تكون أكثر انتظاما وعظما كلما كان التبريد ببطء
وسكون

ويحصل أحيانا أن محلولاً مشبعاً على الحار لا يعطى تبريده ببطء وسكون أدنى راسب بل ويزى
ويبقى مذاباً في السائل كمية من الجسم الصلب أكثر من الكمية التي تشبعه في الدرجة التي برد
اليها فيقال حينئذ ان المحلول فوق مشبع وهذه الظاهرة تشبه ظاهرة فوق الصهر
ولاجل ترسيب الجزء الزائد من الجسم المذاب يكفي كما فعل ذلك في الاجسام الفوق مصهورة أن
يلقى في المحلول الفوق مشبع بلورة من جنس البلورات التي يكونها الجسم المذاب ويمكن
بيان ظاهرة فوق التشبع بغاية من السهولة باستعمال ثاني كبريتات الصوديوم

الفصل الثاني

(في التجزؤ والابجزة المشبعة والغير مشبعة)

(تكوين الابجزة في الفراغ)

التجزؤ هو استعمال الاجسام السائلة الى ابجزة ويزمننا قبل التكلم على الكيفيات المختلفة التي
تحصل تبعاً لها هذه الظاهرة أن تكلم على الخواص العمومية للابجزة وسنبتدى في ذلك بالتكلم
على تكوين الابجزة في الفراغ فنقول

إذا اكتست أربعة أنابيب بارومترية ح و ك و ل و م (شكل ١٩) على حوض زئبقي
أب وأدخل في الأنبوبة ك قليل من الماء بواسطة أنبوبة صغيرة ذات فرعين وفي الأنبوبة ل



ش ١٩

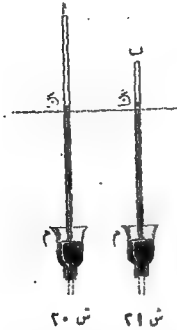
قليل من الكحول وفي الأنبوبة م قليل من
الآثير فمجرد وصول هذه السوائل إلى سطح
الزئبق في الخزانات البارومترية يرى أن الزئبق
ينخفض في الأنابيب وجزء من السوائل التي
أدخلت فيها يستحيل إلى بخار والمقادير s و
 $و$ و $د$ التي ينخفض بها الزئبق
في الأنابيب الثلاثة تختلف بالنسبة لكل من
السوائل المستعملة فإذا فرض وأدخل في هذه
الأنابيب مقداراً من كل سائل بحيث يبقى منه
باق في الخزانة البارومترية وكانت الحرارة
الخارجية تساوي عشر درجات مثلاً شاهد أن
الزئبق ينخفض في الأنبوبة المحتوية على الماء

بقدر تسعة ملليمترات وفي الأنبوبة المحتوية على الكحول بقدر ٢٤ ملليمتر وفي الأنبوبة
المحتوية على الآثير بقدر ٢٣٦ ملليمتر فهذه الانخفاضات تكون دالة على القوى المرونة
للأبخرة المكونة بكل من هذه السوائل كما تكون دالة على قوة مرونة أي غاز يدخل في الخزانات
البارومترية لهذا الأنابيب فيمكن حينئذ أن يقال إن السوائل تولد في الفراغ أبخرة لها قوة
مرونة تشبه القوة المرونة للغازات

(الأبخرة المشبعة والنهاية العظمى لقوتها المرونة والأبخرة الغير مشبعة)

عندما تكون كمية السائل التي تدخل في أحد الأنابيب البارومترية السابقة الذكر كافية
بحيث يبقى منها باق بعد حصول البخار فمن الواضح أن الخزانة البارومترية تكون محتوية
عندئذ على كمية البخار الممكن أن تكون محتوية عليها في درجة الحرارة التي تصنع فيها التجربة
فيقال حينئذ إن المسافة المحتوية على البخار متسبعة به والأبخرة متسبعة لهذا المسافة وإذا قصد
زيادة القوة المرونة للأبخرة المشبعة بتصغير المسافة المحتوية عليها فإن هذه القوة تبقى ثابتة وجزء
من البخار يستحيل إلى سائل وستعمل لإثبات ذلك البارومتر ذو الحوض الممبق الذي سبق الكلام
عليه في الجزء الأول من هذا الكتاب فيدخل في الخزانة البارومترية لانبوبة هذا البارومتر

مقدار كاف من الكحول بحيث يبقى مقدار صغير من هذا السائل بعد أن ينخفض الزئبق في الاسبوبة البارومترية بتأثير الابخرة التي تتكون الى الارتفاع م ٢٠ (شكل ٢٠) فيرى حينئذ أنه يمكن تصغير حجم البخار بخفض الاسبوبة داخل الزئبق (شكل ٢١) بدون أن يتغير ارتفاع الزئبق م ٢١ فيها



فينتج من ذلك حينئذ أن البخار يكتسب في الحال وقت تكوُّنه في الخزانة البارومترية نهاية عظيمة لقوة المرنية لا يمكن تجاوزها ونتيجة تصغير حجم المسافة المشغولة بالبخار تكون فقط حالة جزء منه الى الحالة السائلة

وبالعكس اذا أخرج جزء من الاسبوبة البارومترية من الحوض العميق بقصد زيادة حجم المشغول بالبخار يشاهد أيضاً أن ارتفاع الزئبق في الاسبوبة البارومترية يبقى ثابتاً أعني أن القوة المرنية للبخار لا تقل بل ان كمية من الكحول

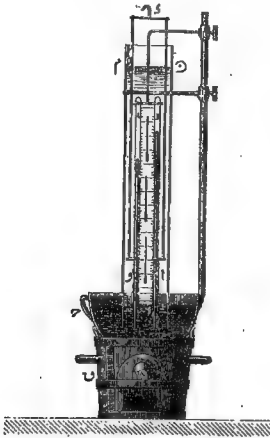
الزائد الموجود في الخزانة البارومترية تتبخر ويستمر الحال على ذلك مادام ما بقي من السائل كمية لم تتبخر أعني مادامت المسافة مشبعة بالبخار

فاذا فرض الآن أنه أمكن زيادة المسافة المشغولة بالبخار الى أن يتبخر جميع السائل المحتوية عليه يشاهد عند ذلك اذا استقر في اخراج الاسبوبة من الحوض العميق شيئاً أن القوة المرنية للبخار تتغير وتكون مناسبة تناسباً عكسياً للحجم الذي يعطى اليه فينتج من ذلك حينئذ أن الابخرة الغير مشبعة تكون منقادة للقانون الذي تنقاد اليه الغازات أي لقانون (ماريوت)

(الطريقة التي وضعها دالتون لتعيين النهاية العظمى لقوة مروية بخار الماء بين الصفر ودرجة مائة)

اذا أعيدت التجربة السابقة بعد تغيير درجة حرارة الوسط الذي يحيط بالايديب البارومترية يلاحظ أن النهاية العظمى لقوة مروية بخار كل سائل تزداد بزيادة درجة الحرارة وقد أجريت عدة تجارب لتعيين النهاية العظمى لقوة مروية بخار الماء في درجات الحرارة المختلفة وذلك لشدة أهميتها

والجهاز الذي نخيله (دالتون) لتلك يتركبن بارومترين ١ و ٢ (شكل ٢٢) منكسين



ش ٢٢

على طشت من الزهر ح ومحاطين
باسطوانة من الزجاج م محتوية
على ماء في وسطه ثلاثة زئبوجات
معدة لتعيين درجة حرارته ويوجد
أسفل الطشت ح قرن و معد
لرفع درجة حرارة ماء الاسطوانة
بطريقة مستمرة ولاجل اجراء العمل
بهذا الجهاز يدخل في أحد
البارومترين وليكن و مقدار
كاف من الماء لجعل خزانته
البارومترية مشبعة على الدوام
بالبخار ثم يسحق ما ما الاسطوانة مع
تحريك زئبوجاتنا بواسطة محرك
يسلك من الخلف و فيشاهد
بارتفاع درجة الحرارة أن سطح

الزئبق ينخفض شيئاً في البارومتر و فيتعين درجة حرارة ماء الاسطوانة في أى لحظة
تكون النهاية العظمى لقوة مرونة بخار الماء في هذه الدرجة معينة بالفرق بين ارتفاع الزئبق
في البارومترين

(مقادير النهاية العظمى لقوة مرونة بخار الماء في بعض درجات الحرارة)

عند استعمال جهاز (دالتون) يرى أن النهاية العظمى لقوة مرونة بخار الماء التي تكون بجوار
درجة الصفر مساوية الى أربعة مئالتات تصير مساوية الى الضغط الجوي في درجة مائة أعنى
أن سطح الزئبق يصير في هذه الدرجة واحداً في الطشت والبارومتر و فينتج من ذلك حينئذ
أنه لا يمكن استعمال جهاز (دالتون) لتعيين قوة مرونة بخار الماء الا بين درجتى الصفر ومائة

وقد استعملت الطبيعيون الذين أتوا بعد (دالتون) وبالاخص (رونولت) أجهزة مخالفة
لذئ سبق شرحه وهامى بعض النتائج التي صار التحصل عليها

(النهاية العظمى لقوة مرونة بخار الماء بين ٣٠° و ١٠٠°)

القوى المرونة مبينه بالمليمتر	درجات الحرارة	القوى المرونة مبينه بالمليمتر	درجات الحرارة
٥٤,٩١	٤٠	٠,٣٩	٣٠ -
٩١,٩٨	٥٠	٠,٩٣	٢٠ -
١٤٨,٩٩	٦٠	٢,٠٩	١٠ -
٢٣٣,٠٣	٧٠	٤,٢٠	٠٠
٣٣٤,٦٤	٨٠	٩,١٦	١٠ +
٥٢٥,٤٥	٩٠	١٧,٣٩	٢٠
٧٦٠,٠٠	١٠٠	٣١,٥٨	٣٠

(النهاية العظمى لقوة مرونة بخار الماء بين ١٠٠° و ٢٣٦°)

القوى المرونة مبينه بالجوى	درجات الحرارة	القوى المرونة مبينه بالجوى	درجات الحرارة
٥	١٥٣	١	١٠٠
١٠	١٨١	٢	١٢١
٢٠	٢١٥	٣	١٣٥
٣٠	٢٣٦	٤	١٤٥

والجدول الاول من الجدولين السابقين مستعمل لتعيين درجة حرارة الهواء الجوى والتانى لمعرفة الارتباط اللازم أن يكون بين مقاومة قزانات الآلات البخارية ودرجات الحرارة التى يسخن اليها الماء فى هذه القزانات

تنبيه - الاجهزة تكتسب فى الغازات قوة مرونتها بسبب مساوية لالتى تكتسبها فى الفراغ

القسط الثالث

(في التجيز والغليان)

(الفرق بين التجيز والغليان)

التجزر الذي هو استحالة الاجسام السائلة الى بخار يمكن حصوله بكيفيتين مختلفتين احدهما تسمى تجيزا والثانية غليانا
فالتجزر هو تكوين البخار في باطن السائل على هيئة كرات ترتفع الى سطحه وتنفجر عليه
والغليان هو تكوين البخار في باطن السائل على هيئة كرات ترتفع الى سطحه وتنفجر عليه

(التجيز)

كثيرا ما يرى حصول ظاهرة التجيز في الطبيعة فمن المعلوم مثلا ان المياه التي تسقط على سطح الاراضي الغير مسامية من امطار أو غيرها تفقد بالكلية بعد مضي زمن كذا ان الاقشة التي تغرق في الماء تنجف اذا عرست للهواء ويوجد سائل كالسكر والايثير يتجزر بسرعة كثر من التي يتجزر بها الماء فيقال حينئذ انها أكثر تطرا منه

وقد ظهر لنا فيما سبق انه اذا كانت المسافة التي تولد فيها البخار محدودة سواء كانت مفرغة عن الهواء أو محتوية على غاز فان تولد البخار ينقطع متى وصلت قوته المرنة الى نهايتها العظمى أما اذا كان السائل ملامسا للهواء الجوي فان التجيز يستمر مهما كانت درجة الحرارة الى أن يفقد السائل كميته ويزداد على ذلك فان سرعة التجيز تكون أعظم كلما كانت درجة الحرارة أكثر ارتفاعا وبما يزيد أيضا سرعة التجيز بخلاف الهواء الجوي وحرارة

(البرودة التي تنتج عن التجيز)

ان التجيز يولد على الدوام انخفاضا في درجة الحرارة فاذا وضعت مشلا طبقة من القطن المسدوف حول مستودع ترمومتر وصب عليها قليل من الايثير شوهد انه كلما تجز الايثير ينخفض الزئبق في ساق الترمومتر وهذا دليل على انخفاض درجة حرارة المستودع والبرودة التي تنتج عند حصول التجيز ناسبة من كون الاجسام السائلة تنحصر عند استحالتها الى الحالة البخارية مقدار من الحرارة يسمى بالحرارة الكامنة للتجزر أي حرارة التجيز وفي التجربة السابقة

تتخفض درجة حرارة الترمومتر عند تبخير الاثير بسبب عدم وجود منبع حرارى يولد الحرارة اللازمة لحصول التبخر فتؤخذ هذه الحرارة حينئذ من نفس الترمومتر وبذلك تتخفض درجة حرارته

(تجربة ليسلى)

اذا أحدث تبخر الماء بسرعة في وسط فيه الهواء متخلخل يشاهد أنه يمكن خفض درجة حرارته الى الدرجة التي يتجمد فيها أى الى درجة الصفر ويمكن بيان ذلك بإجراء التجربة الآتية المنسوبة الى (ليسلى) وكيفيت ذلك أن يؤخذ لنا من الزنجار (شكل ٢٣) محتو على مقدار من حمض الكبريتيك المركز ويثبت فوقه جفنة صغيرة من خشب الفلين مدهونة بطبقة من التيلج ومحتوية على قليل من الماء ثم يوضع جميع ذلك تحت ناقوس الآلة المفرغة ويصنع الفراغ على قدر الامكان في هذا الناقوس ثم يفصل بينه وبين جسمي الطلبة فيرى بعد برة تكون عدسة من الثلج داخل الجفنة والغرض من وضع حمض الكبريتيك امتصاص الابخرة التي تصاعد من الماء وبذا يرى أنه يساعد على حصول التبخر



ش ٢٣

(في الغليان)

انما وضعت آتية من الزنجار محتوية على ما فوق منبع حرارى يرى في بادى الامر تكون كرات صغيرة جدا ترتفع من باطن السائل الى سطحه وهذه الكرات عبارة عن الهواء الذى كان ذائبا في الماء قبل تسخينه واذا استمر في التسخين يسمع بعد مدة من الزمن أن يز مصوب بتكون كرات صغيرة تظهر في فاع الاناء وتزول في الحال واحدة بعد أخرى وهذه الكرات عبارة عن بخار يتكون في النقطة الملامسة لجدار الاناء المؤثر عليها بالحرارة مباشرة غير أن الكرات المذكورة تتكاثف وتباعد ما تقابل طبقات السائل الاقل برودة من الاجزاء التي تكوّن فيها فالحركة التي تحصل في السائل عند تكوين هذه الكرات وتكاثفها هي التي تكون الازير الذي سبق ذكره وأخيرا فعندما تصل درجة حرارة كتلة السائل بتمامها الى مائة يرى أن كرات البخار التي تتكون في أسفل السائل تصير عظيمة الحجم وترتفع على سطحه لتفجر عليه مع أحداث اضطرابات عظيمة في باطنه فيقال عندئذ ان السائل ابتداء في الغليان

(في قانون الغليان)

اذا وضع ترمومتر في سائل يغلي نرى أن الغليان منفصل لقانونين مشابهين تشابها كلياً لقانوني السيجان وهما

أولاً - كل سائل يغلي في درجة حرارة واحدة اذا كان في شروط واحدة وهذه الدرجة تسمى درجة غليان السائل

ثانياً - متى ابتدأ السائل في الغليان فان درجة حرارته تبقى ثابتة طول المدة التي يغلي فيها وكل من هذين القانونين يوصل الى نتائج مهمة وهي الآتية

أولاً - اذا أثر على الماء بـالحرارة وكان الضغط الواقع على سطحه من الجو مساوياً الى الضغط المعتاد أى ضغط ٧٦٠ ملليمترا نرى أنه لا يتبدى في الغليان الا متى وصلت حرارته الى مائة درجة وقد تقدم لنا أن في درجة مائة تكون النهاية العظمى لقوة مرونة بخار الماء مساوية الى الضغط الجوى فينتج من ذلك حينئذ أن الماء يغلي في الدرجة التي تكون فيها النهاية العظمى لقوة مرونة بخاره مساوية للضغط الواقع على سطحه وهذا القانون يعم جميع السوائل أى أن كل سائل يغلي عندما تتصل حرارته الى الدرجة التي تكون فيها النهاية العظمى لقوة مرونة بخاره مساوية للضغط الواقع على سطحه من الجو وفي الواقع فانه اذا سخن أى سائل وكان سطحه ملامساً للهواء فان الضغط الذى يقع من الجو على هذا السطح ينقل في جميع نقاط السائل وبذلك نرى أن كرات البخار لا يمكنها أن تتكون في باطن السائل وترتفع فيه الا اذا وصلت قوتها المرونة الى الضغط الواقع عليها أى الى الضغط الجوى

ثانياً - اذا وضع اناء محتوياً على الماء فوق منبع حرارة وكان الضغط الواقع على سطح هذا السائل من الجو مساوياً الى ٧٦٠ ملليمترا في كل لحظة يشاهد أن درجة الحرارة تبقى ثابتة من ابتداء الغليان الى انتمائه فينتج من ذلك حينئذ أن الحرارة التي يولدها البنوع الحار تكون مستعملة فقط من ابتداء الغليان الى انتمائه لاحالة الجسم المذكور من الحالة السائلة الى الحالة البخارية وهذه النتيجة مشابهة للتي ذكرناها بخصوص ظاهرة السيجان والحرارة التي يمتصها الماء أو أى سائل لاحالته من الحالة السائلة الى الحالة البخارية تسمى بالحرارة الكامنة للتبخير أى حرارة التبخر كما سبق لنا ذلك

(درجات غليان بعض السوائل)

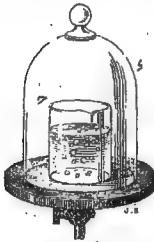
قد عيّنت درجات غليان السوائل عندما يكون الضغط الواقع عليها من الجو مساوياً الى الضغط المعتاد أى ٧٦٠ ملليمترا وقد صار التحصل على النتائج الآتية

(جدول أسماء الاجسام ودرجات غليانها)

درجات غليانها	أسماء الاجسام	درجات غليانها	أسماء الاجسام
١٢٣	حض الازوتيك المعتاد	٨٠	الاندريد كبريتوز
١٥٦,٥	عطر الطرمتينا	٣٥٥+	الايثير المعتاد
١٧٦	اليود	٤٨	كبريتوز الكبرون
٢٩٠	الفسفور	٦٣	البروم
٣٢٩	حض الكبريتيك	٧٨,٥	الكؤل الصرف
٣٦٠	الزئبق	٨٠	البترين
٤٤٠	الكبريت	١٠٠	الماء المقطر
١٣٠٠	الخاصين	١٢٠	حض الخليك المركز

(في غليان الماء في درجة أقل من مائة تحت ضغط أقل من ٧٦٠ ملليمتر)

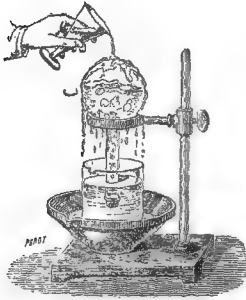
ينبغي مما تقدم أنه إذا كان الضغط الواقع على سطح الماء أقل من الضغط الجوي المعتاد فان غليانه يحصل في درجة أقل من مائة ويثبت ذلك بوضع اناء محتو على ماء فاتر تحت ناقوس الآلة المفرغة (شكل ٢٤) وبصنع الفراغ في هذا الناقوس بالتدريج فيشاهد بعد تحريك جسمي الطلبة مدة يسيرة أن الماء يندى في الغليان ويحصل ذلك عند ما تنخفض قوة مرونة الهواء الذي تحت الناقوس الى النهاية العظمى لقوة مرونة بخار الماء في الدرجة التي أخذ عليها هذا السائل وإذا أبطل تحريك جسمي الطلبة يشاهد أن الغليان ينقطع وذلك لان الابخرة المتصاعدة تزيد القوة المرنه داخل الناقوس



ش ٢٤

وقد وضع (فرانكلان) طريقة ثانية لاجراء التجربة السابقة بدون استعمال الآلة المفرغة وتقتصر الطريقة المذكورة في غلي كمية من الماء في قباية ذات رقبة طويلة مدة من الزمن الى أن تظرد الابخرة التي تصاعد من هذا السائل جميع هواء القباية ثم ترفع هذه الآتية عن النار وتسد فوهتها بسداد من الفلين وتقلب مع وضع غبقها في آتية محتوية على ماء كاهومين في (شكل ٢٥) وذلك لمنع دخول الهواء من المسافات الممكن وجودها حول السدادة

فيشاهد في اللحظة التي ترفع فيها القبابية عن النار انقطاع الغليان غير أنه اذا صب ماء بارد على
جزءها العلوى لتكثيف الابخرة الموجودة
في هذا الجزء كي ينقص الضغط الداخلى
يرى في الحال حصول غليان شديد في كتلة
الماء الموجود في القبابية

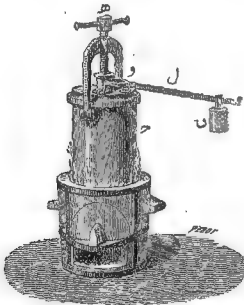


ش ٢٥

وبالعكس اذا مخن مقدار من الماء في آنية
مغلقة غلقا تاما فان الابخرة التي تتكون
يبطئ على سطح هذا السائل تراكم عليه
وتزيد الضغط على سطحه وبذلك لا يحصل
غليانه مطلقا مهما كانت الدرجة التي
يسخن اليها ويمكن مشاهدة ذلك باستعمال
حالة باين

(حالة باين)

هذه الحالة تتركب كالتى (شكل ٢٦) من اناء اسطوانى من البرونز سميك الجدران مغطى بغطاء



ش ٢٦

يمكن ضغطه عليه بواسطة برمة ضغط هـ
ويوجد في هذا الغطاء فتحة صغيرة و
مسدودة باسطوانة معدنية تسمى صمام
الامن مضغوط عليها برافعة ل متحركة
حول أحد طرفيها وطرفها الآخر حامل
لثقل و وقد انتخب هذا الثقل بحيث
متى زادت قوته من وزن البخار داخل الحالة عن
حد معين يرتفع الصمام من نفسه بتأثير
ضغط البخار عليه ويخرج البخار في الجو
فعند ما يسخن ماء في هذه الحالة بعد غلقها
وضغط غطائها ببرمة الضغط هـ يرى أنه

لا يمكن احداث غليان في هذا السائل مطلقا مادامت الحالة مغلقة وذلك لان البخار الذى يتصاعد

من الماء بالتسدر مجزئاً في كل لحظة ضغطاً على سطح هذا السائل يزيد من القوة المرنّة لكركات البخار التي تمل أن تسكون في وسطه . وإذا فتح الصمام أثناء التسخين رفع الرافعة عنه يشاهد في الحال غليان السائل وخروج البخار من الحلة بكثرة مكونة الشببة نافورة يبلغ طولها بعض أمتار

(في بيان تأثير الفقاعات الغازية التي توجد في سائل على حصول غليانه)

إذا لاحظ الإنسان سائلاً يغلي في آتية من الزجاج شاهد أن فقاعات البخار تنتشر من نقط مخصوصة من جدران الآتية . وقد ظهر من التجارب أن هذه النقط هي الموجود فيها فقاعات هوائية بقيت على جدران الآتية بسبب خشونته أو وجود مواد دسمة عليه تمنع السائل من الوصول إليه . فكل من هذه الفقاعات الهوائية يكون شبه جوداً خلي ينتشر فيه البخار الذي تسكون فيه زبد حقه شيئاً فشيئاً إلى أن يتفصل ويرتفع في السائل إلى السطح . وبما أنه عند خروج كل فقاعة يبقى بعدها في النقطة التي خرجت منها باق من المخلوط الغازي ملتصقاً بالجدران فيرى أن الفقاعات التي ترتفع في السائل بعد الفقاعة الأولى تخرج من النقطة التي تسكونت فيها هذه الفقاعة

وقد نتج من تجارب عديدة لا روم لا ذكرها هنا أن وجود هذه الفقاعات ضروري كي يتبدى الغليان في الدرجة التي يمكن حصوله فيها . فمثلاً إذا وضع مقدار من الماء في آتية من الزجاج مغسولة على التوالي بالآتير وحض الكبريتيك وطرد الهواء المذاب في هذا السائل بغليانه مدة من الزمن شوهد أنه لا يغلي إذا سخن بعد ذلك إلا في درجة تزيد بكثير عن درجة مائة . أما إذا وضع فيه كرة صغيرة من الزجاج محتوية على هواء فبدرى أن الغليان يتبدى ويستمر في درجة مائة وإن جميع الفقاعات البخارية تسكون في فوهة الكرة

(في تأثير المواد الغازية في سائل على درجة غليانه)

المواد الذائبة في سائل تؤثر بدرجة غليانه . فمثلاً الماء المشبع بأملاح الطعام لا يغلي إلا في درجة ١٠٨ . والمشبّع بكلورور الكلسيوم لا يغلي إلا في درجة ١٨٠ . والخ . ومع ذلك فإنه مهما كانت المواد الذائبة في سائل فإن درجة حرارة البخار الذي يتصاعد منه وهو على بعلم معين من سطحه تكون دائماً واحدة مادام الضغط الواقع عليه ثابتاً . وبهذا السبب يجب عند تعيين درجة مائة في الترمومتر أن يبقى أن يكون الترمومتر المذكور مغموراً في بخار الماء لا في الماء نفسه

(حالة تكوّر السائلات)

من المعلوم لدى العموم أنه اذا صب قليل من الماء على صفحة معدنية مسخنة الى الدرجة الحمراء فإنه ينقل الى كرات صغيرة تدحرج على سطحها في جميع الاتجاهات وتستحيل ببطء الى الحالة البخارية بدون غليان وهذه الظاهرة التي نظهر في بادئ الامر أنها كيميائية فائتة لاستحالة الاجسام السائلة الى الحالة البخارية تسمى بحالة تكوّر السائلات ويمكن الوقوف عليها بعد الوقوف على التبيينين الآتيين

أولاً - كل جسم في حالة التكوّر لا يكون ملامساً للسطح الساخن ويثبت ذلك باستعمال بودقة به عدة ثقوب اتساعها كاف لمرور أى سائل عندما تكون باردة فإذا سخنت هذه البودقة الى الدرجة الحمراء وصب فيها قليل من الماء يشاهد أنه لا يتقنن من ثقوبها وهذا يدل على أنه لا يلامس قاعها وزيادة على ذلك فإنه اذا أحدث تكوّر الماء على صفحة أفقية ووضع لهب شمعة خلفها فإنه يمكن مشاهدته من المسافة التي توجد بين الكرة وبين الصفحة

ثانياً - درجة حرارة السائل الذي على حالة التكوّر تكون دائماً أقل من درجة حرارة غليانه وقد أثبت ذلك (يوتان) على الماء وذلك أنه غمر فيه موهو على حالة التكوّر مستودع ترمومتر صغير فشاهد أن درجة حرارته كانت دائماً أقل من مائة درجة

مضى علم ذلك يمكن توضيح حالة تكوّر السوائل بطريقه سهلة بأن يقال حيث أن الجسم الصلب مضمن الى درجة تكون فيها قوة مرونة بخار السائل الذي يصب عليه عظيمة جداً فتتكون بينه وبين الجسم المذكوّر طبقة من البخار تحمّل الجسم السائل وتحفظه بعيداً عنه وبناء على ذلك فإن السائل المذكوّر لا يسخن كما اذا كان ملامساً للصفحة مباشرة ولا يحصل التبخر الا من سطحه أما الشكل الكروي الذي يأخذ فهو ناتج من جذب جزيئاته الى بعضها

واذا برد الجسم الصلب الى درجة تكون فيها قوة مرونة البخار الذي يتكون غير قادرة على رفع السائل عن الصفحة فإن الملامسة تحصل في الحال ويحصل غليان قوي في السائل ويستحيل وقيماً الى الحالة البخارية

الفصل الرابع

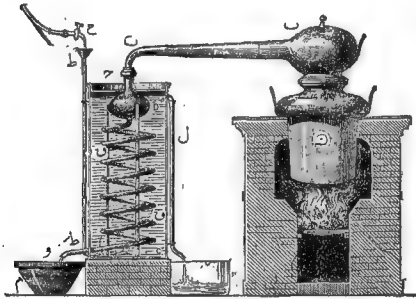
(في ميوّلة الانجيرة والغلات)

(في تكاثف الانجيرة والتقطير)

قد أعطى اسم انجيرة للغازات الناتجة من تبخر الاجسام التي تكون صلبة أو سائلة في الدرجة

المعاداة ولاجل تكثيف الابخرة يكنى قمرها في أوائل محاطة بماء بارد وقد أسس على ذلك التقطير الذي هو عملية الغرض منها فصل السوائل الطيارة من المواد الغريبة التي تكون مختلطة بها

ولاجل تقطير جزء صغير من سائل يكنى أحداث غليانه في معوجة من الزجاج يدخل طرفها المفتوح في فوهة قبابه محاطة بماء بارد فالابخرة التي تتكون في المعوجة تأتي الى القبابه وتكاثف فيها والجهاز المستعمل لتقطير الماء في المعامل يسمى انيقا وهو يتركب كما في (شكل ٢٧) من الاجزاء الآتية



ش ٢٧

أولاً - فزان من النحاس ٥ يغلي فيه الماء المراد تقطيره

ثانياً - مستودع ٦ يسمى مكثفاً وهو محتو على ماء بارد في وسطه أنبوبة ٧ و ٨ ملتفة على نفسها على شكل حلزون فالبخار الذي يتكون في الفزان يأتي الى الانبوبة الحلزونية بواسطة الانبوبة ٩ ويتكاثف فيها بتأثير الماء البارد الموجود حولها ثم يخرج سائلاً من الفتحة ١٠ ويجأ ما المكثف يسخن بسرعة بالنسبة للحرارة التي يتركها البخار وقت تكاثفه يكون من الضروري تجديد بطريقه مستمرة ويتوصل الى ذلك باستقبال ماء بارد آمن حنفية ١١ في أنبوبة رأسية ط ط أحد طرفيها مقي وطرفها الآخر ينفتح في الجزء السفلي من المكثف فبوصول الماء البارد الى هذا الجزء يبقى الماء الساخن فوقه بما أنه أخف منه ويسيل بطريقه مسخرة من الانبوبة ل

(في سيولة الغازات)

بعدما استنتجت الطبيعيون أن خواص الابخرة الغير مشبعة تشبه خواص الغازات افترض بعضهم أن الغازات ليست الا ابخرة تبعد كثيرا أو قليلا عن الدرجة التي تسيل فيها وبناء على ذلك صار اجراء عدة تجارب كان الغرض منها سيولة الغازات والطرق التي استعملت لذلك هي

أولا - ضغط الغاز المراد سيولته بما أن تصغير حجم الابخرة يقربها من التثبيغ

ثانيا - تبريد الغاز لان النهاية العظمى لقوة مرونة الابخرة تقل مع الحرارة

ثالثا - ضغط الغاز وتبريده في آن واحد لان أحد هذين الفعلين لا يكفي لسيولة بعض الغازات وقد صار التوصل بهذه الطرق الثلاثة الى سيولة معظم الغازات بل والى تجميد بعضها ومع ذلك فإنه لغاية سنة ١٨٧٧ بقيت ستة غازات منها الاوكسيجين والايديروجين والازوت غير قابلة للسيولة وسميت بالغازات الثلاثة وقد توصل (كابتى) في شهر ديسمبر سنة ١٨٧٧ لسيولة هذه الغازات بحيث انه لا يوجد الآن غازات خالدة فينتج من ذلك حينئذ انه لا يوجد فرق حقيقى بين الابخرة والغازات وجميع هذه الاخيرة تسيل كالابخرة فى الحالة السائلة عند ضغطها وتبريدها الى الكفاية



الباب الثالث (في الايجرومترية)

الفصل الاول (في درجة رطوبة الهواء أى حالته الايجرومترية)

(تعريف الحالة الايجرومترية)

ان الهواء الجوى يشتمل دائماً على كمية من بخار الماء ويثبت ذلك بعدة تجارب منها ان اذا أخذت كوية مملوءة بالماء البارد ووضعت في محل حار شوهدت تكون طبقة من الندى على جدرانها من الخارج فهذه الطبقة ناتجة من تكثيف بخار الماء الموجود في الجو عند ملاسته بالمعدن الكوية الباردة

وعند ما يكون البخار الموجود في الجو قريباً من درجة تشبعه يكفي خفض درجة الحرارة قليلاً جداً ليكتنف مقدار منه فيقال حينئذ ان الهواء رطب

أما اذا كان البخار الجوى بعيداً جداً عن درجة تشبعه فيلزم خفض درجة الحرارة بمقدار عظيم حتى يتبدى البخار في التكاثف فيقال في هذه الحالة ان الهواء جاف

فنتج من ذلك حينئذ ان درجة رطوبة الهواء لا تتعلق بقوة مرونة بخار الماء الموجود فيه بل تتعلق بالنسبة الكائنة بين هذه القوة المرنة والنهاية العظمى لقوة مرونة بخار الماء في درجة حرارة الوسط المراد تعيين درجة رطوبته أعني أنه اذا عرف بحرف ϕ لقوة مرونة بخار الماء الموجود في الهواء وبحرف ϕ_0 للنهاية العظمى لقوة مرونة بخار الماء في درجة حرارة الهواء تكون النسبة $\frac{\phi}{\phi_0}$ دالة على درجة الرطوبة وقد سميت هذه النسبة بالحالة الايجرومترية للهواء وبناء على هذا التعريف تكون الحالة الايجرومترية للهواء الجاف مساوية الى الصفر والحالة الايجرومترية للهواء المشبع بالبخار مساوية الى الواحد

وقد انشئت آلات تسمى ايجرومترات الغرض منها تعيين الحالة الايجرومترية للهواء

(في ايجرومتر دانييل)

يتركب هذا الايجرومتر من أنبوبة من الزجاج منحنية المنحنيين ومطرفاها منتهيان بـ كرتين
 أ و ب (شكل ٢٨) واحدى هاتين الكرتين أ من
 الزجاج الاسود ومحتوية على مقدار من الاثير مغور فيه
 مستودع ترمومتر أما الكرة الثانية فهي من الزجاج المعتاد
 ومحاطة بقطعة من الشاش الرقيق



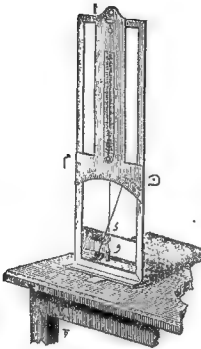
ش ٢٨

ولاجل ايجاد الحالة الايجرومترية في لحظة معينة بواسطة هذا
 الجهاز يصب مقدار من الاثير نقطة نقطة على قاش الكرة
 ب فتتخفض درجة حرارة هذه الكرة بسبب تبخر الاثير الذي
 يصب عليها. وعند ذلك يتبخراثير الكرة أ ويقع الى الكرة
 ب ليستكاثف فيها فتستقر حينئذ الكرة أ بطريقة مستقرة وبأق وقت يشاهد فيه سطح هذه
 الكرة ب تبدأ أن تغطى بطبقة من الرطوبة فتقرأ في هذه اللحظة الدرجة التي يعينها الترمومتر
 الداخلي فهذه الدرجة تكون هي التي يصير فيها البخار الموجود في الهواء الجوى مشبعا
 فاذا بحث في جدول النهايات العظمى لقوة مرونة بخار الماء عن المقدار الذي يقابل هذه الدرجة
 يتحصل على القوة المرنة د البخار الموجود في الهواء فيمكن حينئذ تعيين الحالة الايجرومترية
 أن يبحث في الجدول المذكور عن النهاية العظمى د لقوة مرونة بخار الماء في درجة حرارة
 الجو ثم يقسم د على د

نتيجه - قد صار اجراء عدة تحسينات في ايجرومتر (دانييل) المسمى أيضا بالايجرومتر
 المكثف وذلك لضبط النتائج التي يتوصل اليها بواسطة غير أن استعمال هذا الايجرومتر
 يحتاج في الحقيقة لتجربة للمشاهدة ولذا أنه يعاض في الاحوال التي يراد فيها تعيين درجة
 رطوبة الجو على وجه التقريب بالايجرومتر الا في المسمى بالايجرومتر ذي الشعرة

(في الايجرومتر ذي الشعرة)

ان من اختراع هذا الايجرومتر هو (سوسور) وهو يتركب كما في (شكل ٢٩) من شعرة مجردة
 من المواد الدسمة تدل بتغير طولها على تغير درجة رطوبة الهواء ولبيان التغيرات التي تحصل



ش ٢٩

في طول هذه الشعرة تثبت من أحد طرفيها في
عمسك أ موجود في الجزء الخلفي من اللوحة
الحاملة للأليجرومتر وطرفها الآخر مثبت
في أحد ميزاني بكرة د بعد أن يلتف مرة على
هذا الميزاب ويوجد على الميزاب الثاني للبكرة
خيط من الحرير ملتف عليه وحامل لثقل و
معدب لعل الشعرة موترة على الدوام ثم إن محور
البكرة حامل لآلة تقصرك أمام برواز مدرج
فبازدياد رطوبة الجو يزاد طول الشعرة وتدور
الآلة أمام البرواز في اتجاه وبنقصان الرطوبة
تنكمش الشعرة وتدور الآلة في اتجاه مضاد
للأول

(في تدريج الأليجرومتر ذى الشعرة)

لأجل تدريج هذا الأليجرومتر يبدئ بتعيين نقطتين ثابتتين وهما درجة مائة ودرجة الصفر
فدرجة مائة هي النقطة التي تقف بجذائها الآلة عند وضع الآلة في وسط مشبع بالبخار
ودرجة الصفر هي النقطة التي تقف بجذائها الآلة عند وضع الآلة في آنية محتوية على طبقة
من حمض الكبريتيك المركز مع عدة لامتصاص رطوبة الهواء ثم تقسم المسافة التي بين هاتين
النقطتين إلى مائة قسم متساوية وبملاحظة الأليجرومتر مصنوع بالكيفية السابقة يشاهد
أن الدرجة التي تقف بجذائها الآلة لا تكون دالة على الحالة الأليجرومترية بمعنى أنه إذا كانت
الآلة موجودة بجذاء رقم ٥٠ لا تكون الحالة الأليجرومترية مساوية إلى نصف وإذا أنه عند
ما زاد استعمال هذا الجهاز لتعيين الحالة الأليجرومترية يجب أن يكون مصنوعاً بالجدول معين
فيما الحالات الأليجرومترية التي تقابل الدرجات المختلفة وهالك جدولاً أنشاءه (غايوسالط)
بخصوص أحد هذه الأليجرومترات

جدول الحالات الايجرومترية التي تقابل المدرجات الايجرومتر

درجات الاييجرومتر	الحالات الاييجرومترية	درجات الاييجرومتر	الحالات الاييجرومترية
٠	٠.٠٠٠	٦٠	٠.٣٦٣
١٠	٠.٠٤٦	٧٠	٠.٤٧٢
٢٠	٠.٠٩٤	٨٠	٠.٦١٢
٣٠	٠.١٤٨	٩٠	٠.٧٩١
٤٠	٠.٢٠٨	١٠٠	١.٠٠٠
٥٠	٠.٢٧٨		

تنبيه - اذا أخذ ايجرومتران ووضعاني محل واحد يرى أنهما لا يعينان في أغلب الأحيان درجة واحدة وبذا يرى أنه يجب انشاء جدول مخصوص لكل آلة وزيادة على ذلك فان الجداول المذكورة لا تبقى مضبوطة على مدى الا زمان وذلك لان الشعر المستعمل في الايجرومترات يتلف متى مضت عليه مدة طويلة فينتج من ذلك حينئذ أنه لا يجب اعتبار الايجرومتر ذي الشعرة ايجرومتر اذا حساسة بل آلة بسيطة تميز بوجه التقريب بدرجة رطوبة الهواء بقراءة الرقم المحاذي للابرة على القوس المدرج.

(مسئلة)

المعلوم الحالة الايجرومترية م للهواء في لحظة معينة ودرجة الحرارة t والمطلوب تعيين وزن بخار الماء الموجود في متر مكعب من الهواء من يعلم معرفة أن كثافة بخار الماء بالنسبة للهواء ٠.٦٢٢

تقدم أن الحالة الايجرومترية م هي النسبة الكائنة بين قوة مرونة بخار الماء الموجود في الهواء والنهاية العظمى للقوة المرونة لبخار الماء في درجة حرارة الجو فلذا رمز لها بين القوتين المرتبتين بحرفي u و v ينتج

$$\frac{u}{v} = m$$

ومن هذا القانون يمكن استخراج ν بمأخذ m معلومة و ν توجد في جداول النهايات
العلمية لقوة مرونة بخار الماء ومتى علمت ν أى قوة مرونة بخار الماء الموجود في الهواء
يمكن إيجاد وزن المتر المكعب منه بفرض أنه غاز فيوجد

$$\frac{\nu}{\sqrt{10}} \times \frac{1}{\nu \times 0.00327 + 1} \times 1293 \times 0.7622 = 2$$

وبتعويض ν بمساواها ينتج

$$\frac{\nu}{\sqrt{10}} \times \frac{1}{\nu \times 0.00327 + 1} \times 1293 \times 0.7622 = 2$$

الفصل الثانى

(فى الظواهر المائية التى تحصل فى الجوى)

(فى تكون الندى)

الندى هو النقط المائية التى تظهر أثناء الليالى الصحو على الاجسام الموجودة فى الهواء المطلق
ولبيان أسباب هذه الظاهرة يقال متى غابت الشمس تحت الأفق فإن الارض تبث فى البرودة
ودرجة حرارة الاجسام التى على سطحها تنخفض عن درجة حرارة الجوى بقدر خمس درجات
أوسى لان الهواء يردى به عظيم فينتج من ذلك حينئذ أنه اذا كان بخار الماء الموجود فى الجوى
قريباً من درجة تشبعه فينبأ أن الاجسام الموجودة على سطح الارض وخصوصاً التى تشبع
الحرارة بسرعة تغطى بنقط مائية من غير حصول أدنى تغير فى شفافية الجوى

وبناء على ذلك يرى أن الندى لا يسقط من السماء كالطرر واذا كان لا يظهر تحت الاشجار وفى
المحلات الغير المكشوفة فذلك نابع من كون هذه الوهيات تمنع الاجسام التى تحتها من البرودة
بسرعة

ومتى كان الهواء متمتعاً بحركة بطيئة فإنه يساعد على تكون الندى وذلك لان كل طبقة هوائية
تلامس الجسم تبعد عنه ببطء بعد أن تترك جزأ من مائها ثم تعاض بغيرها تترك جزأ من مائها
أيضاً وهكذا أما اذا كانت حركة الهواء شديدة فإنه لا يتكون ندى مطلقاً وذلك لجله أسباب
أولها أن الطبقات الهوائية التى تأتى على الاجسام تتركها بسرعة وثانيها أن الهواء ذا الحركة
الشديدة يسخن الاجسام بلامسته لها وثالثها أن التيارات الهوائية من الاسباب التى
تساعد على حصول التبخر

(في الثلج الأبيض)

الثلج الأبيض عبارة عن قطع صغيرة من الثلج تتكون على سطح الأجسام المكشوفة في فصل الشتاء آخر الليل والصحو والثلج الأبيض يتكون بالكمية التي يتكون بها الندى بمعنى أنه عندما تكون حرارة الجو لا تزيد عن درجة الصفر الأبدى حتى أو ثلاث تكون حرارة الأجسام التي على سطح الأرض أقل من درجة الصفر ويولد تكثيف البخار عليها لتجمعا انقطامية

(في الضباب والسحاب)

قد أعطى اسم ضباب للظاهرة التي نشاهد عند تكاثف بخار الماء في الجو قرب ما من سطح الأرض وعدم شفافية الجو التي نشاهد عند حصول هذه الظاهرة نتيجة من النقط المائية الدقيقة جدا التي تتولد من تكثيف البخار وتبقى معلقة في الهواء بسبب خفتها وعندما يتكون الضباب بعيدا عن سطح الأرض يقال له سحاب

والسبب المولد للسحاب والضباب هو رودة كمية من الهواء قريبة من درجة تسبعا ولذا أن الضباب يتكون في آخر الليل الخريف أو الشتاء في الجهات التي بجوارها مجاري مياه وكذا أن السحاب يتكون عندما ترتفع البحار ما تلي تتولد في جهة حارة رطبة إلى الطبقات المرتفعة من الجو التي فيها درجة الحرارة منخفضة

(في المطر والثلج والبرد)

عندما يصل ثقل النقط المائية التي تكون السحاب إلى حد بحيث لا يمكنها أن تبقى معلقة في الهواء تسقط جهة الأرض وتكون ما يسمى بالمطر

والثلج عبارة عن مطر متجمد يسقط في البلاد الباردة عندما تكون درجة الحرارة فيها أقل من الصفر والثلج مكون من ندف بيضاء مركبة من برصغر من الثلج مجمعة مع بعضها بحيث أنها تكون عادة أشكالها المستفروغ كل منها يكون غالباً مزينا بنفروع أصغر منه في الطول ومماثلة لبعضها في الوضع كما هو مبين في (شكل ٣٠) وقد شوهد أن عدد هذه النفروعات يكون أعظم كلما كان الهواء الجوى أكثر سكونا

أما البرد فهو عبارة عن كرات من الثلج مختلفة الحجم تسقط أحيانا في بلادنا عندما يكون الهواء الجوى في حالة حركة شديدة والبرد يتكون كالثلج في الأجزاء المرتفعة من الجو التي فيها

درجة الحرارة أقل من الصفر وإذا قطعت إحدى الكرات المكونة للبرد يستمر ما تبقى مركزها يري
أنها مكونة من جزء معتم محاط بطبقات شفافة من الثلج وقد استنتج من هذا التركيب أن البرد
نتيجة من كون ندف الثلج الصغيرة التي تكون السحب تجتمع أولاً بتأثير حركة الهواء إلى كرات صغيرة
تغطي تدريجاً طبقات من الثلج ناشئة من تكاثف بخار الماء على سطحها ثم تجتمع



ش ٣٠

الباب الرابع (في الآلات البخارية)

(في بيان أنه يمكن استعمال البخار لتوليد الحركة)

إذا نظرنا في جدول النهايات العظمى لقوة مرونة بخار الماء المبين في صحيفة ٣٥ وجدنا أن النهايات المذكورة تزداد بزيادة درجة الحرارة فترى مثلاً أن القوة المرنة التي تكون مساوية لجو في درجة مائة تصل إلى جوين في درجة ١٢١ وإلى عشرة جوات في درجة ١٨٠. وحيث أنه تقدم في الجزء الأول من هذا الكتاب أن ضغط الجو على ديسيمتر مربع يعادل مائة كيلوجرام يرى أن الضغط الذي يحدثه البخار الناتج من تسخين الماء إلى ١٨٠ في مسافة مغلقة يكون على كل ديسيمتر مربع مساوياً إلى حاصل ضرب عشرة في مائة أي ألف كيلوجرام وقد صار استعمال هذا الضغط القوى لتعريك أجزاء آلات مخصوصة تسمى بالآلات البخارية

الفصل الأول

(في وصف الآلات البخارية)

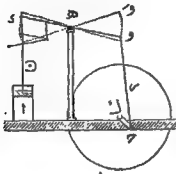
(في تعريف الآلات البخارية)

الآلات البخارية هي آلات تستعمل فيها قوة مرونة بخار الماء في الدرجات المختلفة للحرارة لأحداث حركة ذهاب وإياب في مكبس تنقل حركته إلى أجزاء الآلة. وسندكر في هذا الفصل وصف إحدى هذه الآلات المسماة في الصناعة بالآلة واط

(في نظرية آلة واط)

بعد أن يتكون البخار في اسطوانة تسمى قزانياً في بواسطة أنبوبة إلى اسطوانة ١ فيها مكبس يتحرك داخلها كما هو مبين في (شكل ٣١) فإذا فرضنا أن البخار يأتي على التعاقب في الاسطوانة أعلى المكبس وأسفله وأنه في اللحظة التي يأتي فيها أعلاه تكون المسافة الموجودة أسفله متصلين بالجو وبالعكس يرى أن قوة مرونة بخار الماء تحدث في المكبس على التوالي حركات من أعلى إلى أسفل ومن أسفل إلى أعلى ولأجل نقل هذه الحركات إلى الأجزاء المراد تعريكها يثبت في المكبس ساق ٢ يتزلق بحسب كمال لطيف في علبة من الجلود مصنوعة

في الجزء العلوي من الاسطوانة ويصل رافعة δ وهو متحركة حول نقطة $هـ$ حركة الذهاب



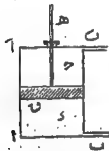
ش ٣١

والايات التي تحصل في المكبس من تأثير البخار عليه تجعل طرف الرافعة δ يرسم قوسا δ و δ مرات متتالية في اتجاهين متضادين وبما أن نقطة $هـ$ مرتبطة بذراع δ يتصل بطرف يد δ لـ ينتج أن اليد المذكورة تدور بطريقة مستمرة حول محورها $ك$ وتدير معها اسطوانة تسمى محور الدوران $ع$ وعليها السيور التي تنقل الحركة الى جميع الاجزاء المراد تحريكها

وأخيرا فجور الدوران حامل للجملة عظيمة الحجم من الظاهر الغرض منها منع زيادة الحركة أو نقصها فجاء عند حصول أي تغير في القوة المراد مقاومتها

(في استعمال المكثف)

قد فرضنا فيما سبق أنه في العجلة التي يأتي فيها البخار من القزان بواسطة الانبوبة $ب$ الى



ش ٣٢

الجزء السفلي δ من الاسطوانة (شكل ٣٢) يخرج البخار الموجود في جزئها العلوي δ الى الجيوب بواسطة الانبوبة $ب$ فاذا فرض عند ذلك أن ضغط البخار في القزان مساو الى ثلاثة اجزاء فعند ما يكون هذا الضغط مؤثرا على السطح السفلي من المكبس يكون الضغط الجوي مؤثرا على سطحه العلوي وتكون النتيجة عبارة عن قوة مساوية الى جوين مؤثرة من أسفل الى أعلى

فينتج من ذلك حينئذ أنه اذا ترك البخار يخرج في الجيوب يؤثر الضغط الجوي على أحد سطحي المكبس ويضعف القوة الناتجة من تأثير البخار على الوجه الآخر ويمكن محو هذا الضعف تقريبا بتعليقه باستعمال المكثف المنسوب الى (وات)

والمكثف عبارة عن غلاف مطلق ومفرغ منه الهواء يتدفق داخله بطريقة مستمرة نافورة من الماء البارد فعند ما يأتي بخار القزان الى الاسطوانة من الانبوبة $ب$ توصل الانبوبة $ب$ بالمكثف لابلجو فاذا فرض وكانت الحرارة في هذا المكثف مساوية الى ٥٠° فان القوة المبردة داخله تكون مساوية الى عشر جوات تقريبا وبهذه الصفة يتجه البخار الذي يوجد في المسافة δ الى المكثف ويسيل فيه الى أن تصير قوة المبردة مساوية الى عشر جوات أيضا وهذا السيلولة تحصل بسرعة عظيمة بحيث يمكن أن يقال ان القوة المبردة تصير في الجزء δ مساوية الى عشر جوات من

اللحظة التي يحصل فيها الاتصال بينهما وبين المكثف ومن ذلك ينتج أنه إذا كانت قوة مرونة البخار في القزان مساوية إلى ثلاثة جوات تكون القوة الفعالة عند استعمال مكثف درجة حرارته ٤٥ مساوية إلى جوين وتسعة أعشار لآلى جوين فقط كما يحصل ذلك في الحالة التي لا يستعمل فيها المكثف

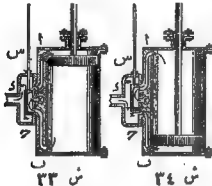
والآلة البخارية هي التي تشغل الطلبة المعدة لإدخال الماء البارد في المكثف وهناك طلبة ثانية مشغولة بالآلة نفسها ومعدة لإخراج هذا الماء كما صار ساخناً. وتجديد ماء المكثف بهذه الصفة ضروري لأنه عند تكثيف البخار فيه تترك حرارتها الكامنة أى الحرارة التي امتصها وقت تكونها

(في استعمال الانتشار)

إذا بقيت الاسطوانة متصلة بالقزان طول المدة التي يتحرك فيها المكبس كما فرضنا ذلك فيما سبق ينتج أنه في كل حركة من حركات المكبس يخرج إلى الخارج كمية من البخار حجمها مساو لحجم الاسطوانة وقوتها المرنة مساوية للقوة المرنة داخل القزان وقد خطر ببال (وان) أن يمنع مجيء البخار إلى الاسطوانة قبل أن تنتهي حركة المكبس فاستقرار المكبس في الحركة بولاحسنه تزيد في حجم البخار وتبعاً لذلك تنقص في قوته المرنة إلا أنه إذا كانت الزيادة التي تحصل في الحجم صغيرة فإن النقص الذي يحصل في القوة المرنة يكون ضعيفاً وتبقى هذه القوة كافية لاستمرار حركة المكبس ويمكن أن نقول أنه باستعمال هذه الطريقة أى طريقة الانتشار يحصل على وفر عظيم ونفرض مثلاً أن قوة مرونة البخار داخل القزان مساوية إلى جوين وفي كل حركة من حركات المكبس تترك البخار يأتى إلى الاسطوانة أثناء المدة التي يتحرك فيها إلى منتصفها فعلى هذا يكون مقدار البخار الذي يصرف لتحريك المكبس عدداً معيناً من المرات مساوياً لنصف المقدار الذي يصرف إذا كان البخار يأتى إلى الاسطوانة طول المدة التي يتحرك فيها المكبس ومن جهة أخرى إذا تأملنا الشجدة أن القوة المتحصلة عند ذلك تكون أكثر من النصف وذلك لأن قوة مرونة البخار المساوية إلى جوين تكون مؤثرة بقسامها على المكبس أثناء النصف الأول من حركته وبهذه الصفة يحصل على نصف التأثير الذي يحصل عليه بدون استعمال طريقة الانتشار وزيادة على ذلك فإنه أثناء النصف الثانى من الحركة يكون المكبس مؤثراً عليه بدون فقد بخار بقوة متغير من جوين إلى جوفهذه القوة تكون هي الفائدة المكتسبة من استعمال طريقة الانتشار ومعظم الآلات البخارية المستعملة الآن ذات انتشار ودرجات الانتشار المستعملة بكثرة هي $\frac{1}{10}$ و $\frac{1}{20}$ أعني أنه يترك البخار يأتى إلى الاسطوانة إلى أن يصل المكبس إلى خمسها أو عشرها ونوجد الآن درجة الانتشار فيها مساوية إلى $\frac{1}{10}$ بل إلى $\frac{1}{20}$

(في كيفية تفريق البخار والدرج)

لأنه أن يحصل في المكبس حركات ذهاب وإياب يلزم توجيه البخار في الاسطوانة بحيث يضغط بالتوالي على سطحي المكبس واليك بيان الطريقة التي يتوصل بها إلى ذلك باستعمال الدرج بعد أن يتكون البخار في القزان يأتي بواسطة القناة ϵ إلى علبة البخار δ المتبنة على الجدار



الجانب للاسطوانة (شكل ٣٣) ويوجد داخل هذه العلبة على جدار الاسطوانة ثلاث فتحات a و b و k احدها a توصل الجزء العلوي من الاسطوانة بقناة a α والثانية b توصل الجزء السفلي بقناة b β والثالثة k توصل بالخارج أو بالمكثف ويوجد في علبة البخار أيضا

قطعة متحركة mn تشبه الدرج ونسعى بهذا الاسم وهي تطبق بالضبط على جدار الاسطوانة بحيث تغطي فتحتين من الثلاث فتحات السابقة الذكر فعندما يصل المكبس إلى الجزء العلوي من الاسطوانة يكون الدرج شاغلا للوضع المين في (شكل ٣٣) فيمر حينئذ البخار إلى من القزان من القناة a α ويصل إلى الجزء العلوي للاسطوانة أما البخار الموجود أسفل المكبس فإنه يخرج من القناة b β ثم من الفتحة k إلى الجو أو إلى المكثف فيتحرك حينئذ المكبس من أعلى إلى أسفل وعندما يصل إلى الجزء السفلي من الاسطوانة يجذب الساق n الدرج ويجعله شاغلا للوضع المين في (شكل ٣٤) فيمر حينئذ البخار من القناة b β إلى الجزء السفلي من الاسطوانة والبخار الموجود فوق المكبس يخرج من القناة a α والفتحة k إلى الخارج أو إلى المكثف فيتحرك حينئذ المكبس من أسفل إلى أعلى وهكذا

(في الآلات ذات الضغط المنخفض والآلات ذات الضغط المتوسط)

(والآلات ذات الضغط المرتفع)

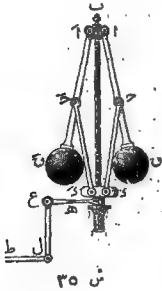
الآلات البخارية على ثلاثة أنواع تختلف على حسب قوتها وبنية البخار الذي يحركها وهي أولا الآلات ذات الضغط المنخفض وهي التي لا تزيد قوتها وبنية البخار الذي يحركها عن جو ونصف واستعمال المكثف في هذه الآلات ضروري حتى يكون تأثير البخار على المكبس كافيا لتحريكه

ثانياً الآلات ذات الضغط المتوسط وهي التي تغرق مرونة البخار الذي يحركها من ثلاثة
جوانب إلى خمسة

ثالثاً الآلات ذات الضغط المرتفع وهي التي تزيد قوة مرونة البخار الذي يحركها عن خمسة
جوانب ويستحسن في هذه الآلات عدم وجود مكثف لأنه بهذه الصفة يتوصل إلى
الاستفاعة بالقوة التي تفقد في حالة استعماله لتحريك الطليتين

(في المنظم ذي القوة المركزية الطاردة)

المنظم ذو القوة المركزية الطاردة جهاز الغرض منه منع زيادة الحركة أو نقصها عند حصول زيادة
أو نقص مستمر في المقاومة وهو يتركب كما هو مبين في (شكل ٣٥) من كرتين ثقيلتين
و و مثبتتين في ساقين معدنيين متصلين اتصالاً مفصلياً في نقطتي أ و ب بطرف ساق
رأسى يدور حول محوره مع الآلة بواسطة سير سار و يتخلل بين مستنبتين د (شكل ٣٦)
فينتج من ذلك حيث أنه إذا زادت حركة الدوران يزيد بعد الكرتين و و عن المحور
ويرفعان بواسطة الساقين د د و ح ح حلقة د د



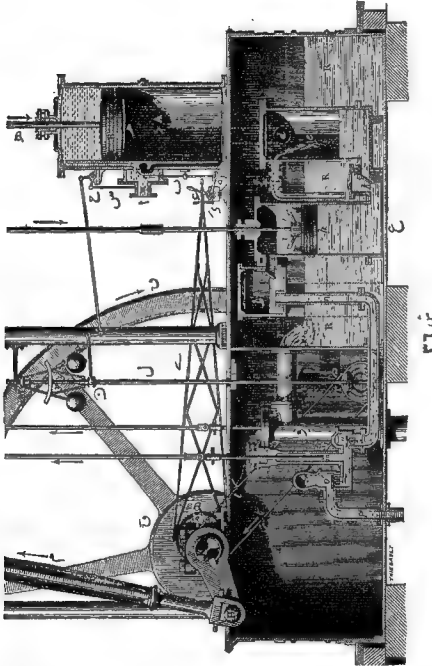
تترلق حول الساق الرأسى وحيث إن الحلقة المذكورة
مثبتة في أحد ذراعى رافعة زاوية ه ه ل يرى أن
الذراع الآخر من هذه الرافعة يجنب الساق ل ط فيميل
كما هو مبين في (شكل ٣٦) أن يغلق فتحة أ الموجودة
في الأنبوبة الآتية من البخار إلى الاسطوانة وبذا تنقص
حركة الآلة وبالعكس إذا زادت الحركة بطيئة جداً فإن
ثقل الكرتين يقربهما من الساق الرأسى فتتخفص الحلقة
د د وتفتح الفتحة أ زيادة عما كانت عليه ويكثر
مجيء البخار في الاسطوانة وبذا تزيد الحركة

(في الطليبات المستعملة في آلات واط)

يستعمل في آلة (وات) ثلاث طليبات مبيّنة في (شكل ٣٦) أحدها و معدة لإدخال الماء
إلى البار في المكثف والثانية ع معدة لإخراج هذا الماء من المكثف كيلا يصاب ساخننا والثالثة
m معدة لإدخال جزء من الماء الساخن الذي يخرج من المكثف في القزان ليحل محل الماء
الذي يتبخر وسيقان هذه الطليبات الثلاث مبيّنة في الرافعة بحيث إن الآلة هي التي تشغلها

(في حركة الدرج والاكستريك)

لأجل تحريك الدرج بحيث يمكن تفريق البخار بالتعاقب أعلى المكبس وأسفله تستعمل عدة طرق منها استعمال الاكستريك المستدير

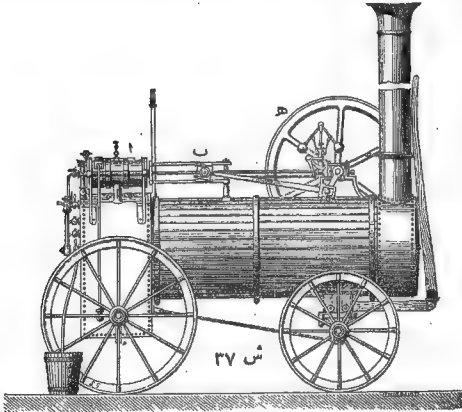


وكيفية ذلك أن يوصل كما هو مبين في (شكل ٣٦) الساق ب المثبت في الدرج بإصلا مفصليا بأحد ذراعي رافعة زاوية ه د ع يتصل ذراعها الآخر بإصلا مفصليا أيضا بمثلث م مكون من سيقان معدنية متوحدته بحلقة ه ه تحيط بقصر مستدير م مثبت على محور الدوران ومركبه خارج هذا المحور فينتج من ذلك حيث أنه في كل دورة من دورات المحور تجذب

الحلقة هـ نقطة ع جهة اليمين ثم تدفعها جهة اليسار فتنتقل هذه الحركات بواسطة الرافعة دء الى الساق ب فيرفع حينئذ الدرج ثم ينخفضه ومن ذلك يرى أنه يقابل كل حركة ذهاب واياب في المكبس حركة ذهاب واياب في الدرج ولذا يكفي وضع الدرج في بادئ الامر بحيث يكون سادا للفتحة السفلى عندما يكون المكبس في الجزء العلوى من الاسطوانة وهو يستمر في الحركة من نفسه مع الآلة ويوزع البخار بالطريقة اللازمة

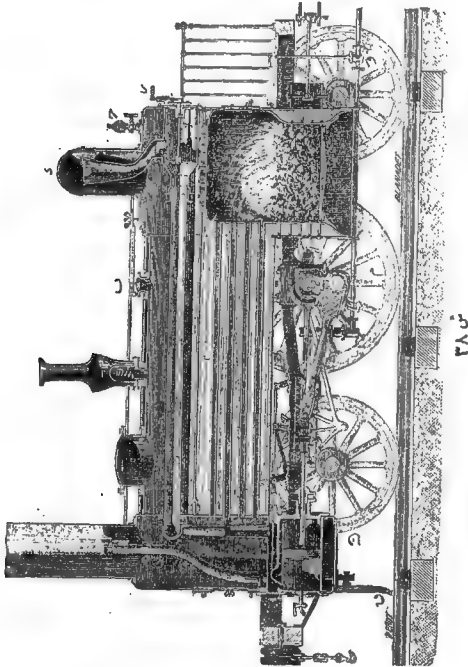
(في أنواع الآلات البخارية)

قد رأينا أنه يستعمل لنقل الحركة في آلة (وات) المبنية في (شكل ٣٦) رافعة وذراع ويد وحيث ان الآلة المذكورة ثمانية وحجمها عظيم فتعوض في معظم الاحوال بالآلات أبسط منها تخذف منها الرافعة ويوصل الساق المثبت في مكبسها بالذراع مباشرة وأحيانا باليد التي تدير المحور (شكل ٣٧)



وتقسم جميع الآلات البخارية المستعملة الآن الى قسمين ثابتة ومتحركة ويعرف من الآلات الثابتة نوعان منها ما هي مثبتة في أماكن مبنية وتعمل عملها وهي في موضعها ومنها ما هي محمولة على عجلات كالمبينة في (شكل ٣٧) ويمكن نقلها بواسطة الخيول الى الموضع المراد اجرا عملها فيه وهذه الآلات الأخيرة تسمى لوكوموتيفات وهي منتشرة جدا عند الزراعيين لرى الاراضى

والآلات المتحركة على نوعين أيضا أولهما الواورات المستعملة في السكك الحديدية وثانيهما الواورات البحرية وفي النوع الأول من هذه الآلات تدوير الأذرع العجلات الحاملة للواور فيتحرك حينئذ في اتجاه أو في الآخر حسب الاتجاه الذي تدور فيه هذه العجلات (شكل ٣٨)

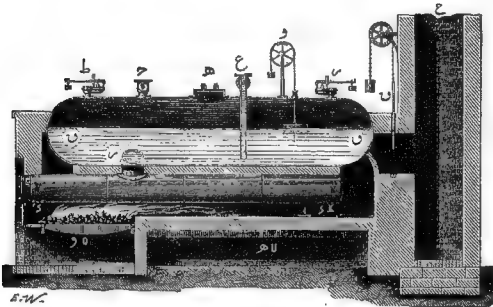


وفي النوع الثاني تدوير الأذرع طارتان مثبتتان على جانبي المركب محيط كل منهما مكون من عوارض مسطحة من الحديد قبل دوران هاتين الطارتين تضغط العوارض على الماء كالبحايف وتدفع المركب في اتجاه مضاد للاتجاه الذي تدور فيه

الفصل الثاني

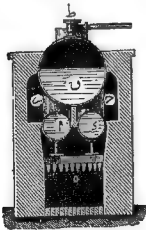
(في القزانات المستعملة في الآلات البخارية)

القزانات هي الاجهزة المعدة لتوليد بخار الماء المستعمل لتحريك الآلات البخارية وهي على نوعين النوع الاول قزانات مركبة كاهومبين في (شكلى ٣٩ و ٤٠) من اسطوانة كبيرة و يوجد أسفلها اسطوانتان د و ا أصغر منها متصلتان بها بواسطة أنبوبتين رأسيتين ح و س ويملا الماء الاسطوانتين د و ا وجزأ من الاسطوانة و كاهو مبين في الشكلين السابقين الذكر



ش ٣٩

ولاجل زيادة السطح الواقع عليه التسخين مباشرة تقسم الفرن الى طبقتين بمجازر أفقي من البناء يصنع في المستوى المار بعمودي الاسطوانتين د و ا ثم تقسم الطبقة العليا بمجازر رأسى الى شبه دهليزين متصلين ببعضهما من الجزء المقدم فهذه الصفة تميز اللهب والغازات التي تتكون في البورة في الطبقة السفلى من الامام الى الخلف ثم تعود من الخلف الى الامام في أحدث نفذى الطبقة العليا ثم ترجع ثانية من المنفذ الآخر وبعد ذلك تخرج من المنفذ



ش ٤٠

(في القزانات الابويسية)

الفرض من هذه القزانات زيادة السطح الواقع عليه التسخين مباشرة بحيث يمكن توليد كمية عظيمة من البخار في زمن يسير و (شكل ٢٨) بين قطاع قزان من هذا القبيل فيرى من هذا الشكل أن الفرن في الجزء الخلفي من القزان وأن اللهب وجميع الغازات الساخنة التي تتولد في النار تنفذ من أنابيب أفقية عندها يصل أحيانا إلى ١٥٠ تخترق القزان من طرف إلى آخر ومحاطة بالماء من جميع جهاتها

(الحصان البخارى)

الوحدة المصطلح عليها البيان قوة الآلات البخارية تسمى بالحصان البخارى فيقال ان قوة آلة تساوى حصانا اذا كانت قادرة على رفع خمسة وسبعين كيلو جراما بمقدار متر في الثانية الواحدة وإذا قيل ان قوة الآلة البخارية تساوى عشرة خيول مثلا فهذا يدل أنها قادرة على رفع ٧٥٠ كيلو جراما بمقدار متر في الثانية الواحدة

الباب الخامس

(في الحرارة النوعية والحرارة الكامنة)

يبحث في هذا الباب عن تعيين مقادير الحرارة التي تولد تغيرا محدودا في درجة حرارة الاجسام أو تغيرا في حالتها

وقد اتخبت وحدة لمقادير الحرارة سميت سعرا وهي كمية الحرارة اللازمة لرفع حرارة كيلوجرام من الماء من درجة الصفر الى درجة واحد

تنبيه - قد ظهر من التجربة أنه اذا خلط كيلوجرام من الماء في درجة الصفر بكيلوجرام آخر درجة حرارته ٢ يحصل على مخلوط درجة حرارته ١ وحيث ان كمية الحرارة التي يمتصها أحد الكيلوجرامين تكون متساوية للكمية التي يفقدها الآخر ينتج أنه لتسخين كيلوجرام من الماء من درجة ١ الى درجة ٢ يلزم كمية من الحرارة تساوى سعرا كذا اذا خلط كيلوجرام من الماء في درجة الصفر بكيلوجرام آخر في درجة ٤ يحصل على مخلوط درجة حرارته ٢ وهذا يدل على أنه لتسخين كيلوجرام من الماء من درجة ٢ الى درجة ٤ يلزم سعرا وبالأستمرار في العمل بهذه الصفة يستنتج أن كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كيلوجرام من الماء درجة واحدة تكون دائما واحدة مهما كانت درجة حرارته الأصلية مادامت درجة الحرارة المذكورة أقل من مائة

وبناء على ذلك يرى أنه يمكن تعريف السعري كمية الحرارة اللازمة لرفع حرارة كيلوجرام من الماء من درجة ٤ الى درجة ٥ + ١

الفصل الاول

(في الحرارة النوعية)

(تعريف الحرارة النوعية)

قد ظهر من التجربة أن مقادير الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة أثمانا متساوية من الاجسام المختلفة بكمية واحدة لا تكون واحدة مثلا اذا غمر كيلوجرام من النحاس درجة حرارته مائة في كيلوجرام من الماء درجة حرارته صفر يرى أن درجة حرارة المخلوط تصير تسعة تقريبا وهذا يدل على أن كمية الحرارة اللازمة لرفع حرارة كيلوجرام من النحاس من درجة ٩ الى درجة مائة

أى بقدر ا واحد و تسعين درجة تساوى تسعة أسعار يعنى أن كمية الحرارة التى تلزم لرفع حرارة كيلوجرام من النحاس درجة واحدة تساوى تقريباً عشرة الكمية التى تلزم لرفع حرارة كيلوجرام من الماء درجة واحدة أى عشر سعر وبناء على ذلك وضع التعريف الآتى للحرارة النوعية للأجسام الحرارة النوعية للجسم هى كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كيلوجرام منه درجة واحدة

(فى تعيين الحرارة النوعية للأجسام بطريقة الخلط)

لأجل ذلك يحسن ثقل ρ من الجسم المراد تعيين حرارته النوعية الى درجة حرارة معينة ρ ثم يعرف كمية من الماء ثقلها ρ ودرجة حرارتها ρ وبعد ذلك تعين درجة الحرارة النهائية ρ التى يصل اليها الخليط فهذه المعاليم الخمسة تكفى لحل المسئلة لانه اذا فرضنا بحرف ρ للحرارة النوعية للجسم تكون كمية الحرارة التى فقدها أثناء برودته من درجة ρ الى درجة ρ هى

$$\rho \times (\rho - \rho)$$

وحيث ان درجة حرارة الماء ارتفعت من ρ الى ρ تكون كمية الحرارة التى امتصها هى $\rho (\rho - \rho)$

وبما أن الحرارة التى فقدها الجسم هى الحرارة التى امتصها الماء ينتج

$$\rho \times (\rho - \rho) = \rho (\rho - \rho) \quad (1)$$

ومن هذه المعادلة يستخرج

$$\rho = \frac{\rho (\rho - \rho)}{\rho - \rho}$$

غير أنه اذا اقتصر على ذلك تكون النتيجة غير مضبوطة وذلك لانه فرضنا فيما سبق أن جميع الحرارة التى يتركها الجسم يمتصها الماء ومع ذلك فإن جزءاً منه يمتصه اناء النحاس الأصفر المحتوى على هذا السائل فاذا فرضنا بحرف ρ لثقل هذا الاناء وبحرف ρ لحرارته النوعية بفرض أنهم معلومة تكون كمية الحرارة التى يمتصها هى

$$\rho \times (\rho - \rho) \quad (2)$$

ومن جهة أخرى اذا كان الجسم المصنوعة عليه التجربة مكوناً من قطع صغيرة فيوضع فى غلاف رقيق الجدر فاذا فرضنا بحرف ρ لثقل هذا الغلاف وبحرف ρ لحرارته النوعية تكون كمية الحرارة التى يتركها الى الماء والاناء هى

$$\rho \times (\rho - \rho) \quad (3)$$

فيجب حينئذ إضافة الحد m الى الطرف الثاني من المعادلة ١ والحد ٣ الى الطرف الاول من
هذه المعادلة وبذلك يتصل على المعادلة الآتية

$$(ق \times س + ط \times ك) (د - ح) = (ن + ط \times ك) (د - ح)$$

ومن هذه المعادلة يستخرج مقدار m

واناء النحاس الذي يوضع فيه السائل يسمى كلوريمترا وهو رقيق الجدران ومحمول على قنطين
من الحرير كي لا يسرى شيء من حرارته الى الارض والجداول الآتية يشتمل على الحرارة النوعية
للأجسام المهمة

أسماء الاجسام	حرارتها النوعية	أسماء الاجسام	حرارتها النوعية
الاملاس	٠٫٢٤٦٨٠	الظهر الابيض	٠٫١٢٩٨٩
الانتيمون	٠٫٠٥٠٧٧	عطر الطرمتينا	٠٫٤٢٥٩٣
البرصوت	٠٫٣٠٨٤	خشب الخشب	٠٫٢٤١٥٠
البلاومباجين	٠٫٢١٨٠٠	القصدير	٠٫٠٥٦٢٣
الحديد	٠٫١١٣٧٩	الكبريت	٠٫٢٠٢٥٩
انخارصين	٠٫٠٩٥٥٥	الكوبلت	٠٫١٠٧٩٦
الذهب	٠٫٣٢٤٤	الماء	١٫٠٠٠٠٠
الرصاص	٠٫٠٣١٤٠	النحاس المطروق على البارد	٠٫٠٩٣٥٠
الزجاج	٠٫١٩٧٦٨	النحاس المصطهر	٠٫٠٩٤٧٠
الزرنج	٠٫٠٨١٤٠	النحاس الاصفر	٠٫٠٩٣٩١
الزئبق	٠٫٠٣٣٣٢	النكل	٠٫١٠٨٦٣
الصلب	٠٫١١٨٤٨	اليود	٠٫٠٥٤١٢

وبالتأمل في هذا الجدول يرى أن الحرارة النوعية لجميع الأجسام أقل من الوحدة أي أقل من
الحرارة النوعية للماء بمعنى أن الماء يحتاج لمقدار من الحرارة أكثر من الذي يحتاج اليه
أي جسم لرفع درجة حرارته بمقدار معين ومن ذلك ينبغ أن افترضنا أن تقال متساوية من
أجسام مختلفة مسخنة ينبوع حراري واحد فان درجة حرارة الماء ترتفع ببطء عن درجة حرارة

الاجسام الاخر وبالعكس اذا فرضت أنقال متساوية من أجسام مختلفة مسجلة الى درجة حرارة واحدة وموضوعة في محل بارد فان درجة حرارة الماء تنخفض ببطء عنها وبهذا السبب ترتفع درجة حرارة الجاريطء عن درجة حرارة الاراضى أثناء الصيف وتنخفض ببطء عنها أيضا أثناء الشتاء

الفصل الثانى (فى الحرارة الكامنة)

(حرارة الصهر)

الحرارة الكامنة لصهر جسم هى كمية الحرارة التى يمتصها كيلوجرام من هذا الجسم ليستحيل من الحالة الصلبة الى الحالة السائلة بحيث لا تتغير درجة حرارته فخلا الحرارة الكامنة لصهر الجليد هى كمية الحرارة اللازمة لاحالة كيلوجرام من الثلج فى درجة الصفر الى كيلوجرام من الماء فى درجة الصفر

(فى تعيين الحرارة الكامنة لصهر الجليد)

لاجل تعيين الحرارة الكامنة لصهر الجليد يمكن استعمال طريقة الخلط وكيفية ذلك أن يؤخذ كالوريتر محتو على ثقل معين Q من الماء درجة حرارته s تزيد قليلا عن درجة حرارة الجو ويغمر فيه قطعة من الثلج فى درجة الصفر ثم يحرك السائل ليسج الثلج بسرعة وبعد ذلك تعين درجة حرارة المخالوط النهائية θ أما ثقل الثلج Q فيعين أخيرا بوزن المخالوط بتمامه وطرح ثقل الماء الاصل منه

فبواسطة هذه المعاليم يمكن تعيين مقدار حرارة صهر الجليد وذلك بوضع معادلة بين فيها أن كمية الحرارة التى تستعمل لسيحان الجليد ثم رفع حرارته من الصفر الى درجة θ تساوى كمية الحرارة التى يتركها الماء والكالوريتر فاذا رمز بحرف S لحرارة صهر الجليد تكون كمية الحرارة التى امتصها ليستحيل من الحالة الصلبة الى الحالة السائلة هى $Q + S$ وكمية الحرارة التى امتصها لترتفع حرارته من الصفر الى درجة θ هى $Q\theta$

وحيث أن درجة حرارة الماء والكالوريتر انخفضت من s الى θ تكون كمية الحرارة التى تركها الماء هى $(s - \theta)Q$ وكمية الحرارة التى تركها الكالوريتر هى $(s - \theta)P$ بفرض أن P ثقل الكالوريتر و L حرارته النوعية

فيناء على ما سبق يكون

$$\bar{v} \times s + \bar{v} \times \bar{v} = (v + \bar{v} \times \bar{v}) (s - \bar{v})$$

ومن هذه المعادلة يستخرج مقدار س

وبإجراء العمل بهذه الطريقة استنتج أن الحرارة الكامنة لصهر الجليد هي ٧٩,٢٥ أعنى أنه يلزم لاحالة كيلوجرام من الثلج من الحالة الصلبة الى الحالة السائلة كيتمن الحرارة مساوية الى ٧٩,٢٥ سعرا

(في الحرارة الكامنة للتبخر)

الحرارة الكامنة لتبخر جسم في درجة حرارة معينة هي كمية الحرارة التي يمتصها كيلوجرام من هذا الجسم وهو في هذه الدرجة ليستحيل الى أبخرة مشبعة فمثلا الحرارة الكامنة لتبخر الماء في درجة مائة هي كمية الحرارة اللازمة لاحالة كيلوجرام من الماء مسخن الى درجة مائة الى أبخرة مشبعة في درجة مائة

وقد صارت عين الحرارة الكامنة لتبخر الماء في درجة مائة بتجربة لازوم لاند كرها هنا فوجد أنه يساوي ٥٣٧ سعرا

الباب السادس

(في الارتباط بين الشغل والحرارة)

(في بيان أن ظهور الحرارة يصحبه فقد في الشغل وبالعكس)

لأجل بيان الارتباط الواقع بين ظواهر الحركة وظواهر الحرارة يؤخذ كرتان متحدتان الثقيل احداهما من العاج أى تامة المرونة والثانية من الرصاص أى عديمة المرونة ويسقطان على التوالي من ارتفاع واحد على سطح متين من الرخام فيشاهد أن الكرة الأولى عند مصادمتها لهذا السطح ترتد عليه ثانيا وترتفع تقريبا الى الارتفاع الذى أسقطت منه أما الكرة الثانية فانها تنقب بالكلية عن الصعود وإذا عيئت درجة حرارة هاتين الكرتين بعد هذه التجربة يشاهد أن حرارة كرة العاج تبقى على ما كانت عليه أما حرارة كرة الرصاص فانها تزداد عن حرارتها قبل السقوط وهذا الزيادة ناشئة من كون القوة التى تكسبها أثناء سقوطها التى تكون قادرة على ردها الى الوضع الذى أسقطت منه استعملت فيها الحرارة بخلاف الحالة الأولى فان هذه القوة ظهرت ورددت كرة العاج الى الوضع الذى كانت فيه قبل سقوطها

ويمكن مشاهدة هذه الظاهرة أى ارتفاع درجة الحرارة في جميع الاحوال التى يكون فيها جسم متمتع بحركة ثم يعاق في سيرة مجائع بوقف حركته أو يبطئها فمثلا اذا قابل الرصاص المنقذف من البنادق سطحاً مائناً فانه لا يرتد الا بقدر ضعيف الا أن حرارته ترتفع الى الدرجة الجواء

وحيث ان احتكاك الاجسام ببعضها ينشأ عنه بطله في حركتها ينتج أن الاحتكاك يولد أيضا ارتفاعا في درجة الحرارة فمثلا اذا كان محور دوران عجلة عربية غير مدهون بالشحم أثناء سيرها فان احتكاك العجلة في هذا المحور يولد حرارة عظيمة ربما تكون سببا في حرق العجلة ومن المعلوم أيضا ان الهواء أنه يوصل لالهاب العيدان الكبيرة بحمل قطع الفوسفور المكشورة لا طرافها على سطح به خشونة

وهناك أمثلة كثيرة من هذا القبيل منها أن قطع الحديد الجارى بردها تسخن ومنها أن الانسان اذا أراد تسخين يديه في فصل الشتاء يكتفى ذلكهما ببعضهما والخط

وقد ظهر من التجارب أيضا أنه لا يمكن التخلص على شغل الا بفقده مقابل له لما في الحرارة أوفى شئ آخر وقد رأينا أمثلة من هذا القبيل عند التحكم على ظاهرة الصهر وظاهرة التبخر وقد شوهد أيضا ذلك القدر عند تطبيق هذه النظرية على الآلات البخارية

وقد أجرت الطبيعون عدة تجارب لتعيين مقدار الشغل الذى يقابل فقد معيناً في الحرارة
وبالعكس فحصلت على النتيجة الآتيتين

أولاً - كل فقد من الحرارة يساوى سعراً ينتج عنه شغل يساوى ٤٢٥ كيلوجرام متر
ثانياً - كل فقد في الشغل يساوى كيلوجرام متر ينتج عنه ارتفاع في الحرارة يقابل $\frac{1}{430}$ من
السعر والكيلوجرام متر هو القوة اللازمة لرفع كيلوجرام بقدر متر في الثانية الواحدة

الباب السابع

(في انتقال الحرارة والحرارة الأرضية)

تنتقل الحرارة من نقطة الى أخرى بكيفيتين الأولى سيء ومن جزء الى آخر في خلال الجسم الذي تنتقل فيه ويقال لهذا الانتقال توصيل والثانية بسرعة عظيمة جدا محترقة للوسط الفاصل للنقطتين من غير تسخينه ويقال لهذا الانتقال تشعع

الفصل الاول

(في قابلية توصيل الاجسام للحرارة)

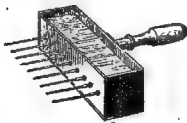
(في اختلاف قابلية توصيل الاجسام الصلبة للحرارة)

من المعلوم أن الحرارة تنتقل في أجزاء الاجسام الصلبة غير أن هذا الانتقال لا يحصل فيها بدرجة واحدة فهناما تنتقل فيها بسهولة وتسمى بالاجسام الجيدة التوصيل للحرارة وذلك كالفضة والنحاس وجميع المعادن ومنها ما هي بخلاف ذلك وتسمى بالاجسام الرديئة التوصيل للحرارة وذلك كالزجاج والخشب

والدليل على أن الحرارة تنتقل في المعادن بسهولة أنه اذا وضع طرف دبوس في لهب شمعة يستخن طرفه الاخر بسرعة حتى انه لا يتيسر مسكه بين الاصابع بعد برة بخلاف الاجسام الاخر كالخشب مثلاً فإنه يكون ملبتاً من أحد طرفيه وطرفه الاخر باق على حرارته الاصلية تقريباً

(في مقارنة توصيل الاجسام الصلبة للحرارة)

لأجل مقارنة قابلية توصيل الاجسام الصلبة للحرارة يستعمل جهازاً نجدهم وزالمين في (شكل ٤٢)



ش ٤٢

وهو عبارة عن صندوق صغير مستطيل من النحاس الاصفر مثبت على أحد أوجهه سيقان من مواد مختلفة (فضة ونحاس وحديد ونحاس أصفر وخارصين وزجاج وخشب والنج)

ولإجراء العمل بهذا الجهاز يؤخذ شمع أبيض ويسحق وتغم فيه السيقان السابقة الذكر ثم تقزع فتكون عليها تأثير يدوية من الشمع فتجتمعا واحداً على جميعها

فأذا صلب حينئذ ماء مغلي في الصندوق تنتقل حرارة هذا السائل الى السيقان ويشاهد سيجان الشعاع ابتداء من سطح الصندوق فالساق الذي يسبح من فوقه شمع أكثر تكون قابلية للتوصيل أعظم وقد شوهد أن الفضة هي أعظم الاجسام الصلبة في توصيل الحرارة ويليهما النحاس ثم الذهب والنحاس الاصفر والخارصين والقصدير والحديد والصلب والرصاص والبلاتين والبرزموث والزجاج والرخام والصيني والفحم والخشب

ومن هذا الترتيب يشاهد أن الخشب هو أقل الاجسام توصيلا للحرارة ولذا تصنع منه أيدي لآلات الحديد المعدة للدخول في النار

(التيارات التي تولد في سائل أو غاز مسخن من جزئه السفلى)

إذا مسخن سائل من أسفله كما يصنع ذلك عادة في المنازل فإن الطبقات التي يقع عليها تأثير الحرارة مباشرة تتمدد ويناعلي ذلك تقل كثافتها وترتفع الى الجزء العلوي من السائل ثم تعاض بطبقات



ش ٤٣

أخرى تسخن أيضا ثم ترتفع وهكذا فيتولد حينئذ في باطن السائل تيارات صاعدة ساخنة وتيارات نازلة باردة ويمكن مشاهدة هذه التيارات بتجربة سهلة وذلك بوضع كمية من الماء محتوية على قليل من نشارة الخشب في آنية من الزجاج ويسخن عليها من جزئها السفلى (شكل ٤٣) فيرى أن قطع الخشب الصغيرة يرتفع مع التيارات الساخنة في الجزء المتوسط من الآنية ثم تنخفض تأتي مع التيارات الباردة بجوار الجدران

وبما أن قابلية الغازات للتمدد تزيد عن قابلية الاجسام السائلة له يرى أن التيارات السابقة الذكر تولد أيضا في الغازات إذا مسخت من جزئها السفلى فخلا إذا كانت أودة محتوية على متبع حرارة فإن الهواء الذي يسخن من ملاسة هذا المتبع يرتفع الى الجزء العلوي من الأودة وبعضه يهوى بارداً يسخن ويرتفع أيضا وهكذا . وكذا عند ما يسخن سطح الارض من تأثير الاشعة الشمسية فإن طبقات الهواء المجاورة ترتفع وتعاض بهواً بارداً يأتي من الجهات المجاورة يسخن ويرتفع أيضا وهكذا . وهذا أحد الاسباب التي تنتج عنها الرياح على سطح الارض كما ينظر لنا ذلك فيما سبق

(في قابلية توصيل الاجسام السائلة والغازية للحرارة)

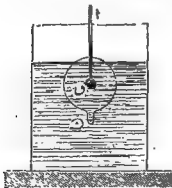
بناء على ما سبق يرى أنه إذا أردت معرفة قابلية توصيل الاجسام السائلة للحرارة يجب تسخينها مع منع تولد هذه التيارات في باطنها كي لا تلامس أجزائها المختلفة على التعاقب الجزء المتأثر عليه بالحرارة مباشرة ويمكن الوصول الى ذلك بتسخينها من جرتها العلوى فينشاها حينئذ أن السائلات رديئة التوصيل للحرارة فإذا أخذت مثلاً أنبوبية من الزجاج مملوءة بالماء وبقاعها ترمومتر صغير وأميل طرفها العلوى قليلا على لهب مصباح كؤل يرى أن السائل يغطى من جرتها العلوى مع بقاء حرارة جرتها السفلى على ما هي عليه تقريبا

أما قابلية توصيل الاجسام الغازية للحرارة فهي أقل من قابلية توصيل الاجسام السائلة لها. فإذا كان الهواء في حالة سكون كلى فإنه يمنع مرور الحرارة كلية وبهذا السبب تستعمل الملابس التي من الصوف والتي بها ورأثناء الشتاء وذلك لان الفتل المنسوجة منها هذه الاقشة تحتفظ بين بعضها طبقة من الهواء تمنع حرارة الجسم من الضياع في الخارج وإذا وضعت هذه الاقشة حول أجسام درجة حرارتها أقل من درجة حرارة الهواء الجوى فإنها تحتفظها أيضا من السخونة وبهذا الصفة يحتفظ الثلج أثناء الصيف مدة طويلة إذا كان محاطا بقطعة من منسوج الصوف

الفصل الثاني

(في تشعع الحرارة)

قلد كرنا أن تشعع الحرارة هو انتقالها من جسم الى آخر بسرعة عظيمة مختصرة للوسط الفاصل لهما من غير تسخينه وحيث ان حرارة الشمس تصل الينا بعد أن تخرق الفراغ المطلق الفاصل بينا وبين الارض ينبغ أن الحرارة التشععية تنتقل في الفراغ ويمكن اثبات ذلك أيضا بخصوص



ش ٤٤

الحرارة التي تشعشع من الاجسام الغير مضيئة باجراء تجربة (رومفور) وكيفية ذلك أن نغرق بابه من الزجاج \odot مفرغ منها الهواء بداخلها ترمومتر مستودعه في يسفل مركزها في ماء ساخن (شكل ٤٤) فيشاهد ارتفاع الزئبق في سباق الترمومتر بسرعة وهذا يثبت أن حرارة الماء سرت في الفراغ حيث ان الزجاج لا يوصل الحرارة فجيءا حتى يقال ان الحرارة انتقلت فيه الى مستودع الترمومتر

والحرارة المنتشرة تخرق أيضاً بعض الأجسام من غير تسخينها فقد شاهد مثلاً أحد الطبيعيين المدعو (بريقو) أن الحرارة التي تنتشر من كرة معدنية مسخنة إلى الدرجة الحمراء تصل إلى ترمومتر بعد أن تخرق كتلة من المياه ساقطة بينها وبينه

(في انتشار الحرارة والاشعة الحرارية)

الحرارة المنتشرة تدعى من نقطة إلى أخرى تبعاً للمستقيم الواصل بين هاتين النقطتين وبيانه أنه إذا وضع ترمومتر أمام منبع حرارة ووضع على المستقيم الواصل بينهما حجاب صغير شوهد أن حرارة الترمومتر ترقى فائتة وإذا رفع الحجاب بشاهد ارتفاع حرارة الترمومتر في الحال وحيث أن الحرارة تنبعث من الأجسام الحارة في جميع الجهات ينتج أن كل مستقيم مبتدأ من نقطة أي كانت من جسم حار يكون دائماً على اتجاه أحد الاشعة الحرارية المنتشرة من هذه النقطة

(في مقارنة مقدار الحرارة التي تقع على جسم من ينبوع حرارى موضوع على أبعاد مختلفة منه)

كمية الحرارة التي تقع على سطح واحد من ينبوع حرارى موضوع على أبعاد مختلفة منه تكون مناسبة لعكس مربعات أبعاده عن ذلك السطح ويحقق ذلك بالاثبات الآتى

إذا فرض جسم حار صغير S داخل كرة نصف قطرها S (شكل ٤٥) يساوى مترافق يقع على سطحها الداخل كل الاشعة الحرارية المنتشرة من هذا الجسم فإذا عوضت تلك الكرة بكرة أخرى نصف قطرها S يساوى مترين وقع على سطحها كل الاشعة المنتشرة من الجسم الحار وبما أن سطح الكرة الثانية أكبر من سطح الكرة الأولى أربع مرات تكون كمية الحرارة التي تقع على وحدة السطح منها أقل من كمية الحرارة التي تقع على وحدة السطح في الكرة

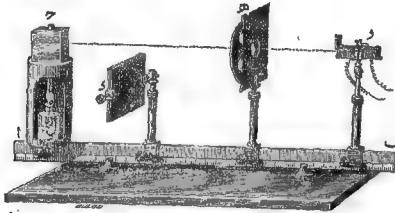


ش ٤٥

الأولى أربع مرات وإذا عوضت الكرة الثانية بأخرى نصف قطرها ثلاثة أمتار يرى أن كمية الحرارة التي تقع على وحدة السطح في هذه الحالة تكون أقل من كمية الحرارة التي تقع عليها في الحالة الأولى تسع مرات أعني أن كمية الحرارة التي تقع على سطح واحد صغير تكون مناسبة لعكس مربع بعده عن ينبوع الحرارة

(في جهاز ملوئي)

وضعت اليابسيون عدة طرق للبحث عن القوتين التي تنقاد اليها الحرارة المتشعة ولندكر هنا أكثر هذه الطرق استعمالا وهي طريقة (ملوئي) والجهاز المستعمل لتعيين درجة الحرارة في آلة (ملوئي) هو عمود ترموكهربائي ذو حساسية عظيمة مكون من قطع معدنية ملتصقة ببعضها فيوضع هذا العمود المبين في و (شكل ٤٦) على حامل ينزلق على مسطرة معدنية أ ب مقسمة الى سنتيمترات ويوجد على هذه المسطرة عدة حوامل أخرى تنزلق عليها أيضا وحاملة اما للينابيع الحرارية المعدة لعمل التجارب واما للخوازم عدة لايقاف بعض الاشعة التي تنتشر من هذه الينابيع



ش ٤٦

وينابيع الحرارة التي كان يستعملها (ملوئي) هي

أولا - منبجان مظلمان أحدهما صندوق معدني مملوء ماء مسخن الى درجة مائة وثلاثة من أوجهه مغطاة بمواد مختلفة كالنعم الحيواني والابيض الزحلي (شكل ٤٧) وثانيهما صفيحة من النحاس تسخن الى درجة ريمانه تقريباً بواسطة مصباح كؤلي موضوع خلفها (شكل ٤٨) ثانياً - منبجان مضيئان أحدهما سلك من البلاتين مسخن الى الدرجة الحمراء بواسطة مصباح كؤلي (شكل ٤٩) وثانيهما مصباح زيتي يسمى مصباح لوكاتلي (شكل ٥٠)



ش ٥٠



ش ٤٩



ش ٤٨



ش ٤٧

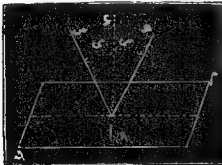
(في قوة الابعاث)

قوة الحرارة التي تبعث من جسم حار تعلق بشيئين وهما درجة حرارته والمادة المصنوع منها ويثبت ذلك باستعمال جهاز (مللوني) وذلك بوضع المكعب المعدني ح كما هو مبين في (شكل ٤٦) على أحد الحوامل التي تنزلق على المسطرة اب ويوضع على حاملين آخرين حاجزان ه و ، أحدهما ه به ثقب معدني لتحديد الاشعة الحرارية التي تبعث من الجسم الحار الى الترمومتر وثانيهما د يصلح لابقاف هذه الحزمة عند الارادة فاذا سخن ماء الصندوق الى الغليان وأدير وجهه المغطى بالقهم الحيواني تجاه العمود الترموكهربائي وخفض الحاجز د يشاهد في الحال أن الترمومتر المذكور يدل على ارتفاع في درجة الحرارة فاذا رفع حينئذ الحاجز د وترك الترمومتر الى أن يعود الى الحالة العادية وغير وجه الصندوق الموجه اليه وخفض الحاجز د ثانياً يشاهد أن الترمومتر يعين حرارة مخالفة للتي عينها أول مرة وبتغيير الوجه مرة ثالثة يشاهد تغير مقدار الحرارة المنبعثة وهكذا وبتكرير هذه التجربة بتغطية أوجه الصندوق بأجسام مختلفة شوهد أن القهم الحيواني هو أكثر الأجسام الصلبة ابعاثاً للحرارة . وقد عرفت القوة الباعثة لجسم بالنسبة الكائنة بين كمية الحرارة التي يبعثها هذا الجسم الى كمية الحرارة التي تبعث من القهم الحيواني عندما تكون درجة حرارته مساوية الى درجة حرارة الجسم المذكور

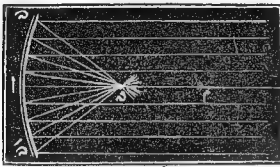
وقد ظهر من التجارب أن القوة الباعثة للإبيض الزئبقي تقرب من الوحدة أما باقي الأجسام فان قوتها الباعثة أقل من ذلك والقوة الباعثة للمادن ضعيفة جداً وتقص بازدياد صقل سطحها فمثلاً القوة الباعثة للفضة المصقولة تساوي فقط ٠.٢٥ . ولذا نوضع السوائل المواد نحفظها حارة كالشاي وغيره في أوان مصقولة من الفضة

(في انعكاس الحرارة المتشعة وقوة الانعكاس)

إذا سقط شعاع حار هـ (شكل ٥١) على سطح مصقول كسطح مرآة مستوية من فانه ينعكس عليه وبأخذ اتجاه آخر اس في المستوى الموازي للشعاع الساقط هـ والعمود أو المقام من النقطة أ على السطح من بحيث تكون الزاوية د اس المسماة زاوية الانعكاس مساوية للزاوية هـ د اس المسماة زاوية السقوط وهذه الكيفية اذا استقبلت



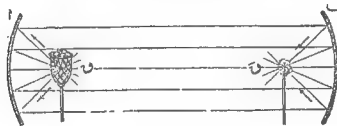
الاشعة الشمسية على مرآة كروية مقعرة (شكل ٥٢) فانها تجتمع بعد أن تنعكس



على سطحها في نقطة واحدة ن
تسمى بؤرة المرآة

والدليل على اجتماع الاشعة الحرارية
المنعكسة في نقطة واحدة أنه اذا أخذ
جسم قابل للاحتراق كقطعة من
الصوفان وحرك أمام المرآة يشاهد

وضع تحترق فيه وبهذا السبب أطلقت الاقدمون على هذه المرايات اسم مرايات محترقة
ويمكن اجراء التجربة السابقة بكيفية أخرى وهي أن يؤخذ مرآتان مقعرتان ا و ب
(شكل ٥٣) ويوضعان أمام بعضهما على بعد ثلاثة أمتار أو أربعة بحيث تكون بؤرتاهما
على خط أفقي واحد ثم يوضع في بؤرة احدهما ن جسم حار كخمس متقد وفي بؤرة الثانية جسم
قابل للاشتعال كقطعة من الصوفان فبذلك تنعكس الاشعة الحرارية التي تسقط على المرآة ا
من الجرم على سطح هذه المرآة وتسقط على المرآة ب موازية لبعضها فتجتمع حينئذ بعد
أن تنعكس عليها في بؤرتها ن وتشتعل قطعة الصوفان الموجودة في هذه البؤرة



ش ٥٣

والحرارة التي تسقط على سطح الاجسام للصقولة لا تنعكس بقسمها مهما كان صقل هذه
الاجسام وقد أعطى اسم قوة عاكسة لسطح معين للنسبة المكانية بين كمية الحرارة التي يعكسها
وكمية الحرارة التي تسقط عليه واذا وضعت في جهاز (ملاويفي) صفتان مصقولتان من معادن
مختلفة ووضع عمود (ملاويفي) على مسطرة يمكن تعيين القوة العاكسة لهذه المعادن ويمكن بهذه
الطريقة أيضاً تعيين مقادير الحرارة التي تعكسها صفيحة واحدة بتغيير زوايا سقوط الاشعة
الحرارية عليها فيشاهد أن مقادير الحرارة التي تنعكس على سطح الاجسام المتعددة تتغير قليلا مع
زوايا السقوط أما الاجسام الشفافة كالزجاج والبالور العنبري فيشاهد أن كمية الحرارة التي
تنعكس عليها تزداد كثيرا مع زوايا السقوط

وأخيرا فالاشعة الحرارية التي تسقط على الاجسام الغير مصقولة كالورق والخشب لا تنعكس في اتجاه معين كما يحصل ذلك عند استعمال الاجسام المصقولة بل انها تنعكس في جميع الجهات وقد سمي هذا الانعكاس بالانعكاس الغير منتظم

(القسوة الديارمائية)

قد ذكرنا في سابق أن الحرارة تنتقل من بعض الاجسام كالنار والضوء يتقدم من الاجسام الشفافة وقد سميت تلك الاجسام أي التي تنفذ منها الحرارة بالاجسام الديارمائية أما الاجسام التي توقف الحرارة في سيرها فقد أطلق عليها اسم أجسام آرمائية

ولاجل معرفة درجة شفافية الاجسام المختلفة للحرارة تصنع منها صفائح رقيقة وتوضع على حامل في جهاز ملوني (شكل ٥٤) بين المنبع الحار والعمود الترموكهربائي فالتغير الذي يشاهد في حرارة العمود المذكور يكون دالا على كمية الحرارة التي حرت من الصفيحة ثم ترفع الصفيحة المذكورة وتستقبل الاشعة الحرارية الآتية من الجسم الحار مباشرة على العمود السابق المذكور تعين كمية الحرارة التي تسقط عليه فالنسبة الكائنة بين العدد الاول والعدد الثاني أي بين كمية الحرارة التي تتقدم من الصفيحة والتي تسقط عليها تسمى



ش ٥٤

بالقوة الديارمائية لهذا الجسم وقد ظهر من التجارب أن القوة الديارمائية لجسم تتغير مع المنبع الحار فمثلا إذا أخذنا أحد الينابيع الحارة المظلمة السابقة الذكر يشاهد أنه لا يتقدم من الحرارة التي تنشأ منه من لوحة من الزجاج أو من البلور العفري الامقصدار غير محسوس فينتج من ذلك حينئذ أن القوة الديارمائية لهذين الجسمين ضعيفة جدا بالنسبة للاشعة الحرارية المظلمة أما إذا أخذنا منبع حراري مضيء كصباح (لو كاتلي) مثلا يشاهد أن كمية الحرارة التي تنفذ من إحدى المادتين السابقتين عظيمة جدا بالنسبة لكمية الحرارة التي تسقط عليه فينتج من ذلك حينئذ أن الزجاج والبلور العفري لا يوقفان من الحرارة التي تسقط عليهما الا الاشعة المظلمة أما الاشعة المضيئة فخطمها يتقدمها

وأخيرا فنجد أجسام ديارمائية بالنسبة لجميع الاشعة الحرارية سواء كانت مضيئة أو غير مضيئة وذلك ككل الطعام

(الامتصاص وقوة الامتصاص)

الحرارة التي يتصلبها جسم هي الجزء الذي يبقى فيه من الاشعة التي تسقط عليه

وقوة امتصاص جسم بالنسبة لينبوع حرارى معين هي النسبة الكائنة بين كمية الحرارة التى يتصاها وكمية الحرارة التى تسقط عليه من ينبوع الحرارى

وقد ظهر من التجربة أنه اذا استقبلت جزء من الاشعة الحرارية على طبقة من الفحم الحيوانى فانه لا يرتد ولا يتفقد منها شئاً وهذا دليل على أن الفحم الحيوانى يمتص جميع الاشعة الحرارية التى تسقط عليه أى ان قوته الماصة تساوى الوحدة أما الاجسام الاخر فلها قوة ماصة أقل من الوحدة ويمكن تعيين هذه القوة على الاخص بالنسبة للاجسام الاثرمانية ذات الاسطح المصقولة أى التى لاتعكس الاشعة الحرارية الا باسظام وذلك لانه اذا علمت كمية الحرارة التى تسقط على أحد هذه الاجسام وعينت كمية الحرارة التى يعكسها فكمية الحرارة التى يمتصها تكون عبارة عن الفرق بين هاتين الكميتين أعنى أنه اذا علمت القوة العاكسة لمعدن يمكن إيجاد قوته الماصة بدون اجراء تجربة وذلك بطرح القوة العاكسة للجسم المذكور من الوحدة

(فى بيان أن قوة امتصاص جسم تساوى قوة باعائه بالنسبة لينبوع حرارى واحد)

اذا قورنت القوة الماصة لجسم بقوته الباعثة بالنسبة لينبوع حرارى واحد يشاهد أنهما متساويتان فخلا القوة الباعثة للفحم الحيوانى تساوى الوحدة وقوته الماصة تساوى الوحدة أيضا ومن ذلك يتبع أنه لا لزوم لتعيين القوة الماصة للاجسام المعالومة قوتها الباعثة

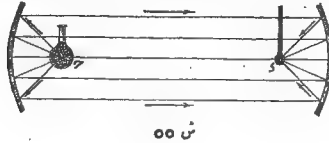
(فى توازن الحرارة)

اذا وجد جسمان بالقرب من بعضهما وكان أحدهما أحر من الآخر فان الجسم الحار يبعث جزءاً من حرارته الى الجسم البارد الى أن تصير درجة حرارتهما واحدة وذلك كما اذا وضعت قطعة من حديد ساخنة فى وسط الهواء فانها تشع حرارتها شيئاً فشيئاً الى أن تصير درجة حرارتها مساوية لدرجة حرارة الهواء الذى يحيط بها

(الانعكاس الظاهرى للبرودة)

اذا وضع فى احدى بورى المرأتين المقعرتين المبيتين فى (شكل ٥٥) قنبلة مملوءة بالنيل ووضع فى بورة المرأة الاخرى مستودع ترمومتر حساس و يشاهد فى الحال انخفاض درجة حرارة الترمومتر المذكور وهذا الانخفاض ليس ناشئاً عن أشعة باردة أتت اليه من القنبلة

بعد الانعكاس على المرآتين كما هو ظاهر التجربة بل ان الترمومتر لا ياتى حرارته عن الثلج يبعث أشعة حرارية تنعكس على المرآتين ثم تأتى الى القنينة وتذيب الثلج الموجود فيها



الفصل الثالث

(فى توزيع الحرارة على سطح الكرة الارضية)

(فى ذكر الاسباب التى تؤثر على اختلاف الحرارة فى النقاط المختلفة من سطح الارض)
ان الاسباب المؤثرة على اختلاف الحرارة فى النقاط المختلفة من سطح الارض عديدة وأغلبها مرتبطة بالقواعد التى تكلمنا عليها فى هذا الجزء وأهم الاسباب المذكورة هي

أولا كمية الحرارة التى تأتى من الشمس الى النقاط المختلفة من سطح الارض تختلف باختلاف المحلات

ثانيا القوة الخاصة للبناء المكونة للبحار تختلف عن القوة الخاصة للأجسام الصلبة المكونة للأراضي القارة ومن ذلك ينبغى أنه لو فرض وكانت كمية الحرارة التى تأتى من الشمس الى النقاط المختلفة من سطح الارض واحدة تكون مقادير الحرارة التى تمتصها مختلفة

ثالثا الحرارة النوعية للماء أقل من الحرارة النوعية للأجسام الأخرى ومن ذلك ينبغى أنه لو فرض وكانت قوة امتصاص الماء مساوية لقوة امتصاص الأجسام الصلبة فإن هذه الأخيرة تسخن عن مياه البحار إذا كانت كمية الحرارة التى تأتى الى النقاط المختلفة من سطح الارض واحدة

رابعا الحركة التى تنشأ فى الهواء الجوى من تغير الضغط فى نقطه المختلفة سبب قوى أيضا فى اختلاف الحرارة فى النقاط المختلفة من سطح الكرة الارضية

(في الحرارة المتوسطة)

درجة الحرارة المتوسطة ليوم في محل معين هي متوسط درجات الحرارة التي تشاهد في هذا المحل بعد كل ساعة من نصف الليل الى نصف الليل التالي له
ودرجة الحرارة المتوسطة لشهر هي متوسط درجات الحرارة المتوسطة لأيامه
ودرجة الحرارة المتوسطة لسنة هي متوسط درجات الحرارة المتوسطة لأشهرها
ودرجة الحرارة المتوسطة لبلدة معينة هي متوسط الحرارة المتوسطة لعدة سنين متتالية في هذه البلدة وقد ظهر من التجربة أنه لايجاد درجة الحرارة المتوسطة للمحل بالضبط يلزم أخذ متوسط عشر سنين متتالية على الأقل

(في الخطوط ذات الحرارة الواحدة)

لأجل بيان توزيع الحرارة على سطح الأرض يرسم على سطح الكرة الأرضية أو على سطح خوط مخصوصة ثلاثة خطوط أحدها يمر بالنقط التي درجة الحرارة المتوسطة فيها واحدة والثاني يجمع النقط التي درجة الحرارة المتوسطة فيها الفصل الشتاء واحدة والثالث يجمع النقط التي درجة الحرارة المتوسطة فيها الفصل الصيف واحدة

(الطقس)

طقس بلدة هو مجموع الظواهر الجوية التي تحصل فيها أثناء سنة كاملة
والطقس يختلف باختلاف الجهات فيقال له ثابت إذا كان مقدار درجة الحرارة المتوسطة أثناء الصيف لا يزيد عن مقدارها أثناء الشتاء إلا بدرجة أو سبع ويقال له معتدل إذا زاد مقدار درجة الحرارة المتوسطة في الصيف عن مقدارها في الشتاء بنحو خمس عشرة درجة تقريباً ويقال له شديد إذا زاد الفرق المذكر كثيراً عن ذلك

(في تأثير العروض)

حيث أن طول الليل والنهار يختلفان في زمن واحد باختلاف العروض ينتج أن أجزاء الأرض ذات العروض المختلفة لا تأتي إليها الحرارة الشمس مدة واحدة في كل أربع وعشرين ساعة وزيادة على ذلك فإن الارتفاع النهائي للشمس عن الأفق يختلف باختلاف العروض فينتج من ذلك حينئذ أن كمية الحرارة التي تسقط على أسطح متساوية من سطح الأرض في زمن معين تختلف باختلاف عروضها وبما قسم سطح الكرة الأرضية إلى خمس مناطق وهي

أولا المنطقة الحارة وهي محدودة بمدارى السرطان والجدي أى بالدائرتين المتباعدتين عن خط الاستواء بمقدار ٢٨° ٢٣° والطقس فى هذه المنطقة ثابت وحرارتها المتوسطة مرتفعة جدا

ثانياً المنطقتان المعتدلتان وهما موجودتان خارج المدارين ومحصورتان بينهما وبين الدائرتين القطبيتين الموحودتين على بعد ٢٨° ٢٣° من كل من القطبين والطقس فى هاتين المنطقتين معتدل بجوار المدارين وتأخذ حرارته المتوسطة فى الانخفاض وطقسه فى الشدة بالتباعد عنهما

ثالثاً المنطقتان الباردتان وهما محصورتان بين قطبي الارض والدائرتين القطبيتين ودرجة الحرارة التى تكون منخفضة جداً فى هاتين المنطقتين أثناء الليل الذى يبلغ طوله عدة أشهر لا ترتفع الارقاعا ضعيفاً جداً أثناء النهار بسبب عظم ميل الاشعة الشمسية

(فى تأثير مجاورة البحار)

قد ذكرنا فيما سبق بعض الاسباب التى بها ترتفع درجة حرارة الاراضى القارية أسرع من درجة حرارة مياه البحار عندما تكون كمية الحرارة الآتية الى كل منهما من الشمس واحدة وبهذه الاسباب أيضاً تنخفض درجة حرارة الاراضى القارية بسرعة عن درجة حرارة البحار وزيادة على ذلك فان تولد الابخرة التى تكون حباباً بالقرب من الشواطئ يلطف تأثير الشمس أثناء النهار ويضعف ضياع الحرارة بالتشعاع أثناء الليل ومن ذلك نتيج اختلافات عظيمة بين درجة حرارة الاراضى القارية وبين درجة حرارة البحار وشواطئها عندما تكون عروضا واحدة ولذا يتأتى أن نقطتين يكونان ذاتى عرض واحد والطقس فى احدهما معتدل وفى الثانية شديداً عندما تكون الاولى قريباً من البحر والثانية بعيدة عنه

(فى تأثير الارتفاع عن سطح البحر)

قد ظهر من الارصاد اليومية أنه فى كل نقطة من سطح الارض تنخفض درجة الحرارة كلما ارتفع الانسان فى الجو وقد شوهد أن درجة الحرارة تنقص بمقدار درجة كلما يزيد الارتفاع مقدار ١٨٠ متراً ومن ذلك ينتج أن درجة حرارة الحمل لا تتعلق فقط بعرضه بل تتعلق أيضاً بموضعه بالنسبة للبحر وارتفاعه عن سطح المحيط ولذا يشاهد أن الخطوط ذات الحرارة الواحدة التى سبق شرحها متعرجة كثيراً

الفصل الرابع (في الرياح)

(في أسباب الرياح)

ان تولد الرياح من تباين طبا كليا بتغير درجة الحرارة . وأسباب الرياح عديدة أهمها هي أولا - عند ما تكون بقعة من سطح الارض مسخنة تسخيناً قويا بالاشعة الشمسية فان طبقات الهواء المجاورة لها تتمدد أى تنقص كثافتها فترتفع وتعاوض بهواء بارد يأتي من الجهات المجاورة للبقعة المذكورة . وبذلك يهدير على سطح الارض من الجهات الباردة الى البقعة الحارة أما الهواء الساخن الذي يرتفع في الجوفاته يتجه في الاجزاء المرتفعة من الجوى الى الجهات الباردة ليحل محل الهواء الذى أتى منها . وبذلك يتولد تيار هوائى في الجزء العلوى من الجو مضاد لاتجاه التيار السفلى

ثانيا - يمكن حصول تيار هوائى عند تكاثف كمية عظيمة من البخار المكون لسحابة دفعة واحدة . لانه عند حصول هذا التكاثف يحصل فراغ جزئى في البقعة التى حصل فيها . وبذلك تأتي كمية من هواء الجهات المجاورة لتحل محل البخار الذى تكاثف

(في الرياح الدورية)

من الرياح الدورية التسميات التى تولد كل يوم على شواطئ البحار وتسكب في اتجاهين متضادين في كل أربع وعشرين ساعة فنسيم البحر يظهر في الصباح ويتجه من البحر نحو الارض ويستمر الى بعد الظهر وهوناتج من كون الارض تسخن بتأثير الاشعة الشمسية بسرعة عن مياه البحر فيرتفع الهواء المجاور للارض بسبب سخونته ويعاوض بهواء بارد يأتي من البحر . أما نسيم البر فهو نسيم يظهر في المساء ويتجه من الارض نحو البحر وهوناتج من كون مياه البحر تبرد في المساء يسطع عن الارض فيرتفع حيثئذ هواء البحر ويعاوض بهواء بارد يأتي محله من البر

ومن الرياح الدورية الموسون وهى تشاهد على الاخص في المحيط الاثلاثى وتسكب في اتجاهين متضادين في كل سنة فموسون الربيع يتبدئ في شهر افريل الى فى المدة التى يتبدئ فيها حرارة الاراضى أن تكون أشد من حرارة البحار . ولذا انها تسكب من البحر الى البر وتستمر الى أوائل شهر اكتوبر . أما موسون الخريف فتتجه من البر الى البحر مادامت درجة حرارة هذا الاخيراً أكثر ارتفاعا من درجة حرارة الارض

ويوجد نوع آخر من الرياح الدورية يسمى السيمون وهو هواء محرق هب في آسيا وأفريقيا ويعرف بجوارته المرتفعة ويرفعه الرمال وتحملها يسمى هذا الريح في بلادنا أي في مصر بالخاصين وهو هب من أواخر شهر أفريل إلى شهر يونيو

(في الرياح المستمرة)

يوجد ريحان مستمران بسمان سرعتهما (الريز) وهما بيان طول السنة بجوار خط الاستواء ويمتد تأثيرهما بعد اعانه

والسبب المولد لهما من الريحين هو سخونة الاراضي وتبخير مياه البحار بسرعة بجوار خط الاستواء فترفع حينئذ طبقات الهواء السفلى وتعاوض بهواء ياردى من الجهات المعتدلة فاذا كانت الارض نابتة يتولد حينئذ على سطحها تياران يتجهان من القطبين الى خط الاستواء الا أنه بسبب دوران الارض حول محورها من الشرق الى الغرب وكون سرعة دوران نقطتها المختلفة تزداد من القطبين الى خط الاستواء ينتج أن كتلة الهواء التي مكثت في المنطقتين المعتدلتين عند ما اتصل بجوار خط الاستواء تكون متمنعة بسرعة أقل من سرعة المدارين والنقط التي بينهما وبين خط الاستواء فتبقى حمةئذ متأخرة عن هذه النقط وتظهر أنها تتحرك في اتجاه مضاد لحركة دوران الارض أي من الشرق الى الغرب فينتج من ذلك حينئذ أن ريح نصف الكرة الشمالي يستحيل الى ريح شمالي شرقي وان ريح نصف الكرة الجنوبي يستحيل الى ريح جنوبي شرقي وهذا ان الرياح يتحدان بوصولهما عند خط الاستواء ويكونان ريحا شرقياً

وتظهر أيضاً مما سبق أنه يتولد في الاجزاء العليا من الجو ريحان يتجهان من خط الاستواء الى القطبين وحيث ان هذين الريحين يصلان الى المنطقتين المعتدلتين بسرعة دوران أعظم من سرعة دوران النقط التي تصل اليها ينتج أن الريح الذي يتولد في الجهات العليا من الحواف نصف الكرة الشمالي يكون جنوبياً غربياً والذي يتولد في نصف الكرة الجنوبي يكون شمالياً غربياً ويشاهد اتجاه هذين الريحين بالاتجاهين اللذين يحركان فيهما السحب

(في الرياح الغير منتظمة)

الرياح الدورية والمستمرة التي سبق الكلام عليها تسمى رياحاً منتظمة لانها تحصل بانتظام في مواعيد معينة وتوجد رياح أخرى تسمى بالرياح الغير منتظمة تحصل في أوقات مختلفة وتهب من جميع نطق الافق من غير تعيين

(تم الجزء الثاني ويليه الجزء الثالث وهو مشتمل على الكهرباء والمغناطيسية)

0558515



Bibliothèque Alexandrine